This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

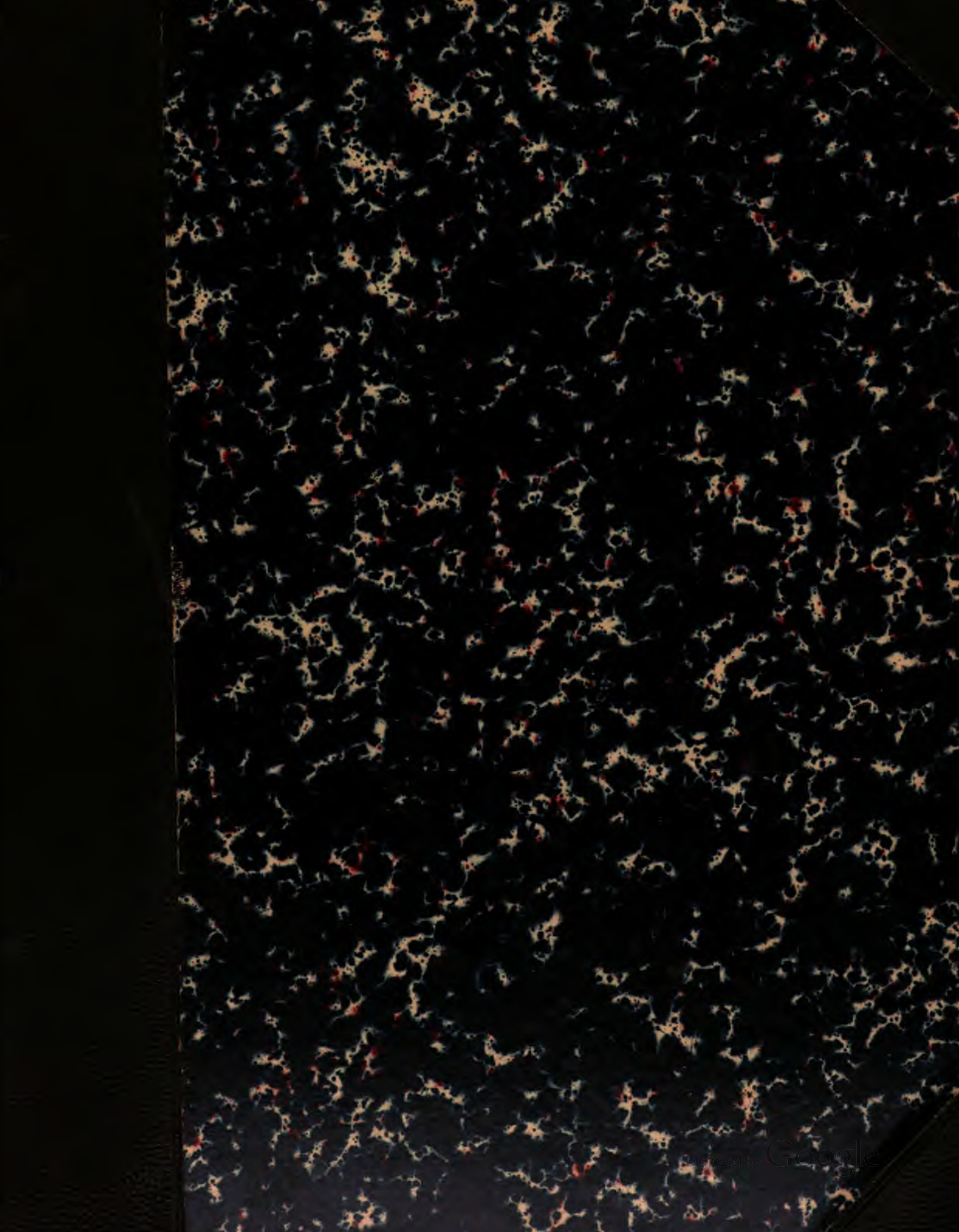
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

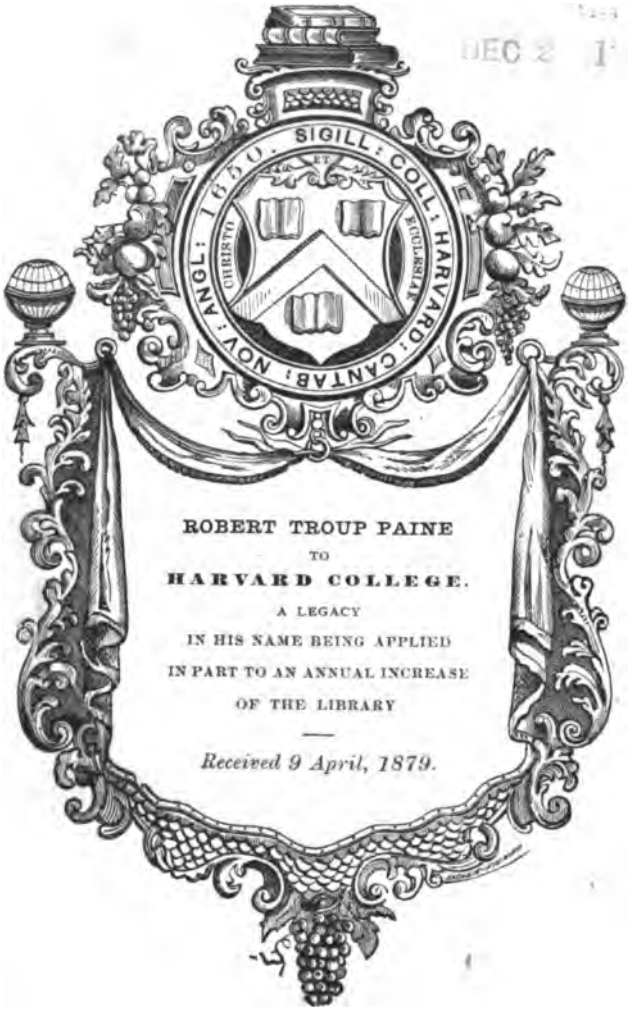
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



L Soc 4345.7



DEC 2 1

ROBERT TROUP PAINE

TO

HARVARD COLLEGE.

A LEGACY

IN HIS NAME BEING APPLIED

IN PART TO AN ANNUAL INCREASE

OF THE LIBRARY

Received 9 April, 1879.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

L Soc 43

NOVA ACTA

REGIÆ SOCIETATIS

SCIENTIARUM

UPSALIENSIS.

SERIEI TERTIÆ.

VOL. X.

FASC. I.

1876.

Digitized by Google

Digitized by Google

NOVA ACTA

REGIÆ SOCIETATIS

SCIENTIARUM

UPSALIENSIS.

SERIEI TERTIÆ VOL. X.

FASCICULUS PRIOR.

UPSALIÆ
EXCUDIT ED. BERLING REG. ACAD. TYPOGRAPHUS.
MDCCCLXXVI.

Digitized by Google

1114-83
~~LSoc4345.8~~
LSoc 4345.7

1879, April 9.
Civic Council.

Digitized by Google

INDEX

HUJUS FASCICULI:

I. J. E. Areschoug: Observationes Phycologicæ, III. . . . . pagg. 1—36. Tab. I—III.

II. O. Hammarsten: Untersuchungen über die Faserstoffgerinnung . . . . „ 1—130.

III. H.-H. Hildebrandsson: Sur la trombe près de Hallsberg le 18 Août 1875 „ 1—8. „ I.

IV. H.-E. Hamberg: La température et l'humidité de l'air à différentes hauteurs . . . . . „ 1—37. „ I.

V. G. Ekman und O. Pettersson: Über das Atomgewicht des Selens . „ 1—22.

VI. F. L. Ekman: On the general Causes of the Ocean-Currents . . . . „ 1—52.

Digitized by Google

Digitized by Google

OBSERVATIONES PHYCOLOGICAE

AUCTORE

J. E. ARESCHOUG

BOT. PROF. UPSALIENS.

PARTICULA TERTIA

DE ALGIS NONNULLIS SCANDINAVICIS ET DE CONJUNCTIONE PHÆOZOOSPORARUM DICTYOSIPHONIS HIPPUROIDIS.

(Reglæ Societati Scientiar. Upsal. traditæ die xxiii April. mdcccLxxv.)

UPSALIÆ,
Excudit Ed. Berling reg. acad. typographus,
MDCCCLXXV.

Digitized by Google

Digitized by Google

CORALLINEÆ.

Post editum librum nostrum de Phyceis Scandinavicis [1]), ad oras nostras detectæ sunt hujus ordinis nonnullæ species, quas hic breviter attingere in animo est. Quas vero plantas cum longe minus quam reliquas algas in natura examinandi nobis data fuerit occasio, lectorem rogatum habere volumus, ne exspectet tales specierum characteres, quales ex longiore in natura studio solummodo fluere soleant. Propter et penuriam speciminum et angustias temporis analysin anatomicam omissam facere sumus coacti, formas earum externas et proveniendi modum, si poterimus, paulisper illustraturi.

MELOBESIA Lamour.

a) Species majores, saxicolæ; stratum inferius crassum, e cellularum seriebus adscendenti-arcuatis, ex quarum apicibus stratum corticale formatur, constructum.

1. MELOBESIA Lenormandi Aresch. in J. Ag. Sp. v. 2. p. 514.
Lithophyllum Lenormandi Rosanoff Memoires de Cherbourg v. XII p. 85 t. V. f. 16—17, t. VI f. 1—3 et 5.

Ad oram Bahusiensem vulgaris vel potiùs non rara species, saxis lapidibusque unum l. quinque pedes sub aqua demersis adnata. Ad Grebbestad prope portum, ubi copiosissima et pulcherrima, a nobis 1859 lecta et deinde ab aliis in multis locis inventa. Per totam Norvegiæ oram, quod opinamur, minime desideratur.

Descriptionibus datis nil fere addendum habemus. Tota pagina inferiori adnata, recens coloris purpurascentis, in aëre cito albescentis. Crusta vix millimetrum crassa, normaliter et in primo evolutionis stadio orbicularis et diametro usque 5—6-pollicaris. Plerumque autem plures confluunt crustæ,

[1]) Acta Ups. Ser. II:dæ Tom. XIII p. 223 et Tom. XIV p. 385. Seorsum recusa sub titulo *Phyc. scand. marinæ.*

Digitized by Google

ut tota lapidis superficies, in qua crescit, incrustata sit. Ceramidia frequentia, hemisphærica l. conica. Sori tetrasporiferi depressi. Utrique in diversis l. in eadem crusta. Antheridia, quantum scimus, rarissima et solum a Cel. Thuret observata. Cfr. Rosanoff l. c.

Obs. Cl. Rosanoff divisit l. c. Melobesiam, qualem nos eam limitavimus (J. Ag. Sp. l. c.), in duo genera, Melobesiam scilicet et Lithophyllum, quorum utriusque character situs esset in structuræ differentia; nec repugnaremus, modo hæc differentia constans esset. Sed Melobesia pustulata, ut exemplum afferamus, utrum ad Melobesiam, an ad Lithophyllum referenda sit, ut ipse concedit auctor, incertum videtur. Res est ulterius inquirenda, quamobrem nostram Melobesiæ limitationem retinemus.

b) Species parvæ, planticolæ; stratum inferius et superius tenuia et ex cellulis in plano ordinatis formata.

* Sporangia 2 sporas foventia.

2. MELOBESIA macrocarpa Rosanoff l. c. p. 74 tab. IV f. 2—8 et fig. 11—20.

In Phyllophora rubente ad insulam Warholmen extra Gothoburgum, rarius.

Hæc species forma, habitu et magnitudine cum Melobesia pustulata tam convenit, ut utraque facillime commutari possit. Hujus autem ceramidia sunt magis prominentia et majora, exacte conica et e lata basi in apicem rectiliniter et acute attenuata; sporangia divisione media transversali in duas, nec quattuor, dividuntur sporas.

3. MELOBESIA Corallinæ Crouan Florule de Finistère p. 150 t. 201, 133:bis.

In fundo petroso intratæniensi, 3—5 orgyas alto, per totam oram Bahusiensem Corallinæ officinali increscens.

Nostra planta, quamquam cum ea, quam descripsit Cel. Crouan, certe identica, est tamen minor. Maxima nempe specimina unum l. duo mm diametro vix superant. Color, secundum Crouan, roseus, sed in nostra planta albus. Crusta evoluta crassa, margine fere incrassato, sublapidea, antecedentem et sequentem in memoriam revocans. Ceramidia mamillæformia apiceque magis rotundata quam in Mel. macrocarpa, cum qua tamen in eo convenit, quod in sporangiis duæ tantum formantur sporæ. Est de cetero inter utramque fere nulla diversitas.

Digitized by Google

** Sporangia 4 sporas foventia.

4. MELOBESIA pustulata Lamour. Aresch. l. c. p. 513. Rosanoff l. c. p. 72 t IV f. 2—3.

Variis algis adnata ad oram nostram occidentalem, ceteris speciebus rarior. Optima specimina ab oris Norvegiæ vidimus, radici Laminariæ digitatæ insidentia, ex. gr. prope Stavanger.

Omissa Melobesia Lenormandi, hæc est e nostris diametro maxima, ut cm sæpe superans, et denique calce ita incrustata, ut sit fere lapidea et facillime frangatur. Junior vero cum ceteris non difficile confundi potest. Ceramidia tumuliformia; sporangia quattuor sporas continentia. Sori tetrasporiferi et antheridia, quantum scimus, nondum inventa.

5. MELOBESIA membranacea Lamour. Aresch. l. c. p. 112 (pro parte). Rosanoff l. c. p. 66, t. II f. 3—16 et t. III f. 1.

Multis algarum speciebus increscens, normaliter beneque evoluta in planis, ex. gr. Rhodymenia palmata et Chondro crispo, intra tænias exteriores maris Bahusiensis.

Crustæ quam in sequentibus duabus minus confluentes, sæpius distinctæ; juniores ita membranaceæ, ut color ipsius matricis transluceat; adultiores magis incrustatæ, fere inflatæ et denique fere lapideæ, plerumque vero margine crenulatæ et obscurius concentrice striatæ, diametro 1—3 lineas æquantes, indeque ex nostris, quæ in algis habitant, cum M. pustulata maxima species. Ceramidia hemisphærico-conica; sporangia 4 sporas foventia. Tetrasporæ (Ros. l. c. t. III f. 1) et antheridia (Ros. l. c. t. II f. 14—15) in hac specie inventa sunt.

6. MELOBESIA Lejolisii Rosanoff l. c. p. 62 t. I f. 1—12.
— membranacea Aresch. Phyc. sc. p. 7 et in J. Ag. Sp. l. c. p. 112 (quoad plantam in Zostera).

In utraque pagina folii Zosteræ marinæ, cum sequente specie sæpenumero promiscue crescens.

Habitu a sequente, cui proxima, differt in eo, quod in Zostera format puncta l. crustas parvas orbiculares, primum distinctas denique confluentes, juniores rubras, adultiores plus minus albescentes et fractas, quo folium Zosteræ quasi farina conspurcatum videatur. Ceramidia in crustis numerosissima denseque approximata, quare in scholis eam Melobesiam polycarpam

Digitized by Google

nominavimus, deplanato-hemisphærica; sporangia 4 sporas continentia. Laciniæ crustæ marginales potius radialiter quam concentrice striatæ l. saltim obscure striatæ. Sori tetrasporiferi nondum inventi.

7. MELOBESIA farinosa Lamour. Aresch. l. c. p. 512. Rosanoff l. c. p. 69 t. III f. 2—13, t. IV f. 10.

Variis algis, præsertim vero foliis Zosteræ marinæ et tunc non raro in præcedentis societate increscens, rara non est in sinubus interioribus maris Bahusiensis.

Descriptionem nostram l. c., quam "la plus exacte" nominavit Cl. Rosanoff, in meliorem mutare non possumus. Nonnullas tamen observationes addere lubet. Crusta concentrice zonata seu striata, jam in prima infantia flabelliformiter expansa; deinde modo laciniata, laciniis in formam orbicularem expansis et lacinuliferis, quo fit orbicularis et imbricata, modo flabelliformis et subdichotomo-laciniata, laciniis fere linearibus. Utraque forma sæpe promiscue crescit, illa ceramidia, ut in Melobesia Lejolisii deplanato-hemisphærica cum sporangiis 4 sporas continentibus, hæc soros tetrasporiferos ferens. Talem inveni plantam, quam ad Warholmen extra Gothoburgum legit soror Domina S. Åkermark, nec tetrasporas vidimus in aliunde reportatis speciminibus.

Hanc speciem esse formam Melobesiæ Lejolisii vix mihi fingere possum. Data descriptio ex speciminibus in Zostera crescentibus exhausta est. Sed non sine dubitatione hanc formam in Zostera ad veram Melobesiam farinosam refero, potius speciem distinctam eam *Melobesiam flabelliferam* nominare vellem, nisi nostra de speciebus Melobesiæ cognitio tam vaga esset.

LITHOTHAMNION Phil.

Aresch. in J. Ag. sp. l. c., p. 519.

1. LITHOTHAMNION calcareum Ell. et Sol. — Aresch. l. c. p. 523.

var. *norvegicum:* fruticiforme in fundo libere jacens, ramulis teretibus sine ordine sparsis huc et illuc spectantibus modo remotis modo approximatis l. subfasciculatis longitudine inæqualibus l. fastigiatis inter se liberis l. fere coalescentibus, ceramidiis in ramorum apicibus subincrassatis.

In mari norvegico prope Haugesund in exitu septentrionali portus, in fundo 10—15 orgyas alto stratiformiter effusum: Dr. Veit Wittrock, qui specimina benevole communicavit.

Digitized by Google

Forma Melobesiæ calcareæ, quam depinxit et descripsit Harvey (Phycol. Brit. tab. CCXCI), est forsan maxima et magnopere evoluta, a nostra valde abhorrens. In fundo libere jacens strata superimposita format, quorum inferiora emortua sunt, superiora viventia. Planta solitaria diametro 3—4-pollicaris fruticulus est rotundatus, ramis e centro incrassato quoquoversum egredientibus, irregulariter ramulosis l. divisis et cum ramis apicem versus attenuatis. Melius cum nostra forma conveniunt hujus plantæ figuræ, quas dedit Johnston (British Sponges et Lithophytes t. XXIV), quamquam in his rami nimis sunt anastomosantes et in apicibus incrassati.

Forma *norvegica:* fruticulus 2—3 cm. longus. Rami plerumque æquicrassi, in apicem parum attenuati et diametro duo mm vix superantes, nisi in basi, quo planta nonnunquam incrassata. Forma certe est, ut dicitur, localis, quam distinctam speciem habere non possumus.

2. LITHOTHAMNION fasciculatum Lamarck. Aresch. l. c. p. 522.

In fundo extratæniensi lapilloso l. arenoso, a Marstrand per totam Norvegiæ oram meridionalem atque occidentalem, ex. gr. ad Christiansund (cel. Prof. Ekman), usque in Spetsbergen (cel. Adj. Dr. Th. Fries) minime rara species.

Primum exoritur hæc planta in lapidibus lapillisque ut crusta tenuis, arcte adnata et sæpe magnopere dilatata, ut Melobesia Lenormandi ab incauto facile haberi possit. Deinde hac in crusta existunt ubique verrucæ, quæ sensim in ramos mox simplices, postea ramosos, excrescunt. Rami primi secundique ordinis plus minus dense stipati. Si in lapillo evolvitur planta, ille ab ea undique obtegitur, ipsaque fit globosa l. globoso-elongata, ramorum ramulorumque apices in inferiore ejus parte, fundo imposita, truncati, in superiore vero acuti. Cum vero in majore lapide, quem totum circumdare non possit, evolvitur, fruticulus fit, ramis ramulisque separatis nec ita dense stipatis. Sed hac in re nulla constantia.

3. LITHOTHAMNION polymorphum (L.). Aresch. l. c. p. 524. Alg. scand. exs. n. 302.

Per totam oram Bahusiæ et Norvegiæ, ex. gr. ad Christiansund (cel. Prof. Ekman), usque in Spetsbergen, ex quo loco, nisi fallimur, vidimus reportata specimina, nunc in fundo, nunc parum infra limitem aquæ marinæ, lapidibus saxisque adnatum.

Digitized by Google

In prima infantia orbicularis est et Melobesiæ cuidam minori omnino similis, deinde latius effusa. Denique plures confluunt crustæ, quo plus minus fit polymorpha, crassa et in pagina superiore tuberculis diversæ formæ ornata. Vetusta e saxis sensim absolvitur, novis crustis relictura locum.

FLORIDEÆ.

RHODOMELA Ag.

1. RHODOMELA subfusca (Woodw.).

Secus fere totam Scandinaviæ oram cum occidentalem tum orientalem, saltim a Bergen usque in Dalarö et Gevaliam, innumeris ludens formis, quarum cum plurimæ in Algis scand. exsiccatis a nobis distributæ sint, nonnulla de iis afferre non inutile duximus. Sequentes distinguuntur formæ:

A. *Forma extratæniensis et normalis*:
   1. *æstate:* sterilis, rami secus totam fere longitudinem ramulis ramellosis brevibus subæquilongis dense obsessi. Alg. sc. exs. n. 57.
   2. *hieme usque in ver:* rami persistentes ramulis plus minus dejectis denudati ramulos novos subcorymbosos et fructiferos emittentes, fructificatione dejecta habitum æstivalem se induentes. Alg. sc. exs. ed. I. n. 54.

Hæc forma extratæniensis ad oram occidentalem in vicinia maris frequens. Ramelli corymbosi aut ceramidia aut antheridia aut tetrasporas gerunt, quæ fructificationis organa jam Januario inchoata optime evoluta sunt mense Martio; deinde evanescunt et planta hiemalis in æstivalem transmutatur.

B. *Forma intratæniensis, præcedentis magnitudinis et crassitiei.*
   1. *æstate:* rami ramulis destituti fere omnino denudati quasi mortui. Alg. sc. exs. n. 333 B.
   2. *vere:* rami denudati ramulis novis distanter et repetite ramellosis elongatis tenuissimis obsessi, tetrasporæ in ramulis ultimis.

In fundo mortuo, ut dicitur, sinuum interiorum, ex. gr. prope Warholmen extra Gothoburgum aliisque locis non rara.

Digitized by Google

Mense Junio novis ramulis dejectis, hæc forma quiescit usque in Decembrum, quo tempore novi ramuli denuo evolvuntur. Ceramidia a nobis non visa.

C. *Forma gracilis.* Lophura gracilis Kg.
Rhodomela gracilis Harv. Ner. bor. am. — Aresch. Alg. sc. exs. ed. 2 n. 58.
Rhodomela subfusca *var.* a. J. Ag. sp. v. 2. p. 884.

In aqua sinuum interiorum minus salsa, ex. gr. ad Långedrag extra Gothoburgum, et in mari orientali multis locis usque ad Dalarö, nonnunquam inter formas, quæ ad præcedentes se appropinquant.

An hæc forma secundo anno existat novasque ramulos emittat, pro certo affirmare non possumus. Forma ejus, quam in Alg. sc. exsicc. distribuimus, vix in sequentem annum perdurare videtur, nam jam initio Aprilis quoad omnes partes evoluta est nullosque, ut Rhodomela subfusca var. A. et B., novos ramos ostendens.

Rhodomela lycopodioides (L.) duas quoque habet formas, alteram *æstivalem sterilem*, ramis ramulos æquilongos et stipatos secus totam longitudinem portantibus, alteram *hyemali-vernalem*, denudatam et fructificantem, quarum utramque in Phycolog. brit. depinxit Harvey. In Wahlenbergii Flora lapponica duæ afferuntur Rhodomelæ species, Fucus (Rhodomela) subfuscus, qui secundum ejus herbarii specimina est vera Rhodomela lycopodioides, forma hiemali-vernalis, crux algologorum non injuria nominanda, et Rhod. lycopodioides æstivalis, auctoritate Gunneri recepta.

POLYSIPHONIA Grev.

1. POLYSIPHONIA hemisphærica Aresch.

Cæspite semigloboso, filis e lato implexu radicali egredientibus dense stipatis a basi ecorticatis parce sparse-ramosis sursum parum attenuatis, ramulis sparsis subpinnatim dispositis l. subpectinato-secundis apice acutiusculis, articulis omnibus 6-siphoneis diametro paulo brevioribus l. sesquilongioribus, tetrasporis in media fere ramulorum parte parum torulosa seriatis. Tab I. fig. 1—3.

Polysiphonia pulvinata Aresch. Alg. sc. exs. ed. 1. n. 60. Phyc. sc. mar. p. 57. — Alg. sc. exs. ed. 2 n. 67. — J. Ag. Spec. 2. p. 957 (pro parte).

Digitized by Google

Polysiphonia hemisphærica Aresch. in Vet. Akad. Förhandl. 1870, p. 936 *not.*

In scrobiculis saxorum littoralium exteriorum per totam Bahusiæ oram, ab initio Julii usque in finem Septembris.

Cæspes semiglobosus, inferne purpureus, superne dilute l. flavescenti-ruber, l. provectior ætate totus interdum purpureus, vulgo 5, rarius usque ad 7 cm altus. Implexus radicalis e filis subrepentibus intorte ramulosis, ex quibus egrediuntur radiculæ hyalinæ l. dilute fuscæ, capillares, simplices et inarticulatæ, lumine capillari percursæ, duplicis generis: 1:mo *tenuiores*, circiter 15 l. 25 mcr^{mm} crassæ et in apicem obtusum sensim attenuatæ; 2:do *crassiores*, circiter 45 mcr^{mm} diametro æquantes, æquicrassæ et apice scutello disciformi terminatæ. Scutellum ut callus radicalis Fucorum saxo adnatus, 150 mcr^{mm} diametro æquans, e ramis apicalibus radiculæ, ut videtur, coalescentibus compositum et e margine radiculas primi generis non raro emittens (tab. I. fig. 2). Fila, cæspitem formantia ex implexu radicali radialiter exeuntia et dense stipata, sunt in juniore planta uno l. nonnullis ramis elongatis, ramulos paucos breves erectos portantibus, obsessa. In magis evoluta planta rami ramulique sunt subpinnatim l. pectinatim ramosi. In maxime evolutis speciminibus nonnulla fila e cæspite longius exseruntur, quorum rami ramulique divaricati sunt. Tota planta ecorticata. Articuli ubique 6-siphonei (tab. 1. fig. 1 et 3), in implexu radicali quam diametrum duplo breviores, paulo superius idem longitudine æquantes, in mediis filis subsesqui- l. sesquilongiores, in apicibus breviores. Tetrasporæ in media ramulorum parte, immo in ramis, longe infra utrorumque apices. Ceramidia et antheridia nobis ignota.

Species hic descripta ab Polysiphonia pulvinata abunde differt. In vicinia Pol. variegatæ forsan collocanda, quæ tamen statura majore, filis dichotomis, strato corticali in majoribus speciminibus præsente et articulis longioribus magnopere est diversa.

NITOPHYLLUM Grev.

1. NITOPHYLLUM reptans Crouan.

Planta parva inferiori pagina radicante adnata subdichotoma margine parce laciniata l. prolificante, laciniis flabellatim rotundatis subintegris l. incisis ramoso-venosis, "coccidiis sphæricis versus laciniarum apices".

Digitized by Google

Nitophyllum sp. Ekman Bidrag (1857) p. 7.
— reptans Crouan Annal. des Sc. nat. tom. XV, Florule du Finistère p. 153.

In stipite Laminariæ digitatæ ad insulam Grib extra Christiansund in Norvegia legit Cel Prof. Ekman, mense Augusto 1853.

Descriptioni, quam l. c. dedit hujus plantæ inventor, nil fere addere possumus. Cum vero illa dissertatio paucis algologis, ut videtur, cognita sit, hac de planta nonnulla afferre non inutile habemus. Thallus, sec. Ekman l. c., rarissime pollicem longus et semipollicem latus, plerumque vero longe minor, pagina inferiore stipiti Laminariæ digitatæ tam arcte adpressus, ut foveis sulcisque stipitis Laminariæ se applicet, rhizinis e pagina inferiore propullantibus arctissime retentus. Rhizinæ brevissimæ, simplices, teretes et e pluribus cellularum seriebus contextæ, apicibus scutelliformiter expansis. Venæ sparse ramosæ, fere in apices laciniarum excurrentes, inferne e duabus, superne ex unica cellularum serie constructæ, quæ cellulæ sunt quam ceteræ plerumque longiores; sed de cetero utræque fere similes. Coccidia, quæ in speciminibus norvegicis desiderantur, sunt, auctore Crouan, sphærica et versus apices laciniarum sita. Specimina gallica, quæ maxima sunt, usque 4 cm longa.

PEYSSONNELIA Decaisne.

1. PEYSSONNELIA Dubyi Crouan. Ekman Bidrag p. 8. J. Ag. Sp. v. 2. p. 501.

In profundiore Bahusiæ mari ad Fiskebäckskil, Wäderöarne (Ekman) et Grebbestad, in fundo scopuloso Florideis divite, conchis lapidibusque adnata, plerumque in societate Cruoriæ pellitæ et Lithodermatis fatiscentis.

Planta primum orbicularis, dein figura indeterminata et confluens cum vicinis, carnea, matrici arctissime adnata, vix $^1/_2{}^{mm}$ crassa et in margine quam in centro tenuior, madida plerumque lævis, siccata autem fere radialiter et flabelliformiter rugosa, in pagina inferiore glomerulis cellularum transmutarum granuliformium adspersa. Verrucæ tetrasporiferæ in pagina superiore inordinate sparsæ, nudo oculo parum visibiles et sæpe depressæ, ex paranematibus sporangiisque tetrasporarum constantes. Paranemata ex articulis 5—6 seriatis constructa, 100 mcr^{mm} circiter longa, a basi sursum angustiora; cellulæ earum intus hyalinæ, in basi paranematis longiores, sursum breviores, ellipticæ l. in formam globosam tendentes. Sporangia oblonga, denique elliptica, paranematibus breviora l. eadem æquantia. Sporan-

Digitized by Google

giorum cytioplasma dividitur transversaliter in duas partes, quarum primum pars supera, deinde pars infera verticaliter in duas dividitur particulas; vera divisio cruciata.

GLOIOSIPHONIA Carm.

1. GLOIOSIPHONIA capillaris (Huds.). Aresch. Phyc. sc. p. 93. Ekman Bidrag p. 8. — J. Ag. Sp. 2. p. 161.

Cel. Ekmani observationibus de tetrasporis hujus plantæ l. c. allatis pauca tantummodo addere lubet. Tetrasporæ obviæ in speciminibus 3—4-pollicaribus dense ramosis et prope Christiansund in Norvegia mense Augusti lectis, ramorum peripheericorum segmentis ultimis nunc terminaliter nunc lateraliter insident. Sporangiorum forma elliptica est vel rarius elliptico-elongata; longitudo eorum 17½ mcr^{mm}, rarius 25 mcr^{mm} et latitudo 12½ mcr^{mm} l. 15 mcr^{mm}. Ipsæ tetrasporæ revera cruciatim secedunt, sed sæpe modo tam irregulari, ut an vere cruciata sit divisio, dubitari possit, quod figuræ, quæ adjunguntur, testari possunt. Tab. I. fig. 4.

BANGIA Lyngb.

Fila teretia simplicia primitus ex unica articulorum (cellularum) serie constructa, deinde articulorum longitudinali et cruciata divisione ex quattuor cellularum seriebus constructa, denique, repetita harum cellularum radiali (ex axi fili ad peripheriam) et transversali divisione, parenchymatica, monoica. Sporæ et antherozoida in cellulis formata, harum dissolutione disspersa, utraque sphærica.

Has cellularum repetitas divisiones cum animo perpendimus, magnam illam Bangiæ formarum copiam facile intelligere possumus. Difficillima igitur specierum limitatio. Hæc in definito numero cellularum, quæ in sectione fili transversali conspiciantur, forsan posita est, nam ceteræ notæ ex habitu haustæ, quibus usi sunt multi auctores, ut molestam analysin evitarent, sunt nullius pretii.

1. BANGIA pumila Aresch. Alg. sc. exs. n. 163.

Cæspites minuti sparsi, filis fusco-rubris 40 mcr^{mm} vel 50 mcr^{mm} crassis in sectione transversali cellulas quattuor (vix 8) aut sporas aut antherozoida denique evolventes ostendentibus. Tab. I fig. 6—7.

Digitized by Google

In limite aquæ superiore in sinubus interioribus v. c. ad Warholmen extra Gothoburgum. Majo.

Cæspites sparsi in rupe, facile prætervisi, semiunciam raro unciam longi. Fila ima basi monosiphonia (quod sunt forsan in omnibus Bangiæ speciebus?), in media parte magis evoluta. Sporæ, cum liberæ sunt, sphæricæ, inter $12^1/_2$ mcr^{mm} et $17^1/_2$ mcr^{mm} et antherozoida globosa circiter 5 mcr^{mm} diametro æquantia.

Bangia fuscopurpurea differt filis evolutis usque 130 mcr^{mm} crassis, in sectione transversali 16 cellulas (l. duplicem numerum) ostendentibus. Sporæ et antherozoida formantur itaque in B. pumila post primam, in B. fuscopurpurea post tertiam l. quartam cellularum formationem. Sed res est sine dubitatione magnopere variabilis, immo forsan in eodem filo. Tab. I. fig. 5.

PHÆOZOOSPOREÆ.

SACCORHIZA DelaPyl.

1. SACCORHIZA bulbosa (Huds.).

Hanc speciem primus in Scandinavia invenit Cel. Dr. Koren, qui ex fundo maris prope Hitteren tria tantum extraxit specimina, quorum unum nobis benevole communicatum in Vet. Akad. Förhandl. 1847 p. 272 breviter memoravimus. Deinde nunquam in Scandinavia reperta, quamquam a multis quæsita est. Illa specimina certissime vere indigena. Deinde aliud specimen prope Bergen lectum ab eodem viro accepimus, quod vero, testantibus animalculis mariuis, quæ ei inhærebant, a mari Britannico in Norvegiam undis certissime adportatum fuerat.

2. SACCORHIZA dermatodea (DelaPyl.).

Laminaria dermatodea DelaPylaie Flore de Terre neuve p. 48. J. Ag. Sp. I p. 31 (planta adultior).
— lorea Bory. — J. Ag. Sp. I p. 130 (planta junior). — Aresch. Alg. sc. exs. n. 213.

In Engelsvigen prope Vardoe, ubi multos abhinc annos primus in Scandinavia legit Rev. Pastor Landmark, et specimina nobis communi-

Digitized by Google

cavit; deinde ad Maasoe Cel. Dr. Th. Fries; ad littora magis meridionalia Finmarkiæ forsan usque in fines Nordlandiæ. Ad oram Lapponiæ rossicæ non rara, secudum specimina a beat. Ruprecht nomine "Lam. Bærii, Post. Rup. Illustrat. Algarum", quod vero nomen in illo opere non invenimus.

Planta est annua, secundum DelaPylaie l. c. mense Decembri emergens, deinde hieme et æstate proxime insequente magis magisque usque in Septembrem l. Octobrum morphologice evoluta. Ipsius plantæ non minus quam sacculi radicalis et radicis evolutio a DelaPylaie l. c. p. 49 tam bene est descripta, ut nil addere possimus, quamquam ipsam structuram et fructificationem non bene intellexit.

Specimina, quæ misit Rev. Landmark, die 7 Junii lecta, magnitudine inter se diversa. Alia enim et minima 10—12 cm longa sunt et 1 cm lata; alia 60 cm usque 108 cm longa cum stipite (12—25 cm longo) et 3—6 cm lata; omnia membranacea, linearia et in stipitem breviter attenuata, colore in statu siccato viridi-lutescente et jam cryptostomatibus evidentissimis conspurcata. Specimina mense Septembris ad Maasoe lecta valde robusta, madefacta fusco-nigrescentia, siccata nigrescentia et coriacea; maxima, quæ vidimus, cum stipite (25 cm longo, in vivo compresso, siccato plano) sunt $1^1/_2$—2 metra longa et 20—25 cm lata, apice sæpe in lacinias 2—3 verticaliter fissa. Cryptostomata, in utraque pagina sparsa, sunt foveæ orbiculares, in circuitu margine elevato et introrsum curvato circumdatæ; e fundo cryptostomatis exeunt fila simplicia, inter se libera, confervoidea, inferne in basin attenuata, paulum infra mediam fili partem crassissima et inde versus apicem longe attenuata; articuli basi ima diametro breviores, superne denique diametro usque 3-plo longiores. Fructificatio normaliter in infima laminæ parte, inde vero altius adscendens, non format maculas extensas l. fascias, ut in Laminariis, sed maculas minutissimas fere punctiformes, nunc separatas nunc approximatas, quo fit ut, cum siccata est, lamina farina nigrescente conspurcata videatur. Stratum hoc fructiferum 150 mcr^{mm} crassum. Zoosporangia unilocularia elongato-obovata, fere claviformia, 100 mcr^{mm} longa et 10 l. $13^1/_2$ mcr^{mm} superne crassa. Paranemata $133^1/_3$ l. usque 150 mcr^{mm} longa, linearia, basin versus tenuiter attenuata, apice, ubi 10 mcr^{mm} circiter sunt crassa, glomerulum elongatum ex materia granulosa confectum includentia, inferius hyalina.

Ex hoc genere, sacculo radicali, structura consentiente et cryptostomatibus distincto, crescunt igitur in maribus Europæis tres species, scilicet: S. *bulbosa* (Huds.), S. *dermatodea* et S. *brevipes* (Ag.), quam ab hoc genere segregare non possumus.

Digitized by Google

1. *Laminaria saccharina* Phyc. sc. p. 121. In hujus forma *a.* l. c. stratum fructiferum nunc format fasciam in media lamina longitudinalem marginibusque undulatis utrinque determinatam; nunc est hæc fascia quasi in maculas majores minoresve soluta, quæ nunc in media lamina, nunc in basi ejus inveniuntur, ut strati fructiferi figura magnopere sit variabilis.

Altera hujus speciei forma *b.* l. c., stipitis brevitate et laminæ longitudine valde insignis. In veteri lamina, pro parte detersa, junioremque (jam 4 metra longam) coronante, stratum fructiferum in maculas sparsas solutum observavimus. Utraque forma optime fructificans legitur mensibus Aprili et Majo, quo tempore portat quoquo in apice veterem laminam.

2. *Laminaria digitata.* Phyc. sc. p. 122. Forma *a.* est sine dubitatione L. flexicaulis LeJol. seu Lamin. stenophylla Harv. Phycol. Brit., cujus descriptio in nostram speciem optime quadrat In Bahusia vulgaris est, paululum infra limitem aquæ usque in fundum 6—8 pedes demersum, zonam formans. Stratum fructiferum mensibus Aprili et Majo optime evolutum, maculas in laciniis format. Altera forma *b.* insignis est et constans (cfr. Alg. sc. exs. n. 167), quam vero ad Lam. Cloustonii (Edm.) et LeJolis nondum referre audemus. Forma *a.* non minus quam *b.* mensibus Apr. Maj., Jun. et Julio veteres laminas in apicibus portant. — Vera L. Cloustonii LeJolis, de cujus specifica differentia a L. digitata nil dicere volumus, in profundiore aqua apud nos crescit.

CHORDA Stackh.

1. CHORDA filum (L.).

Planta pilis simplicibus hyalinis dense vestita, paranematibus ex apice clavato in basin longe attenuatis endochroma fulvum continentibus, zoosporangiis unilocularibus quam paranemata brevioribus oblongis l. ellipticooblongis.

Scytosiphon Filum. J. Ag. Sp. I p. 126.

Chorda Filum Auctorr. — Aresch. Phyc. scand. p. 142. Alg. sc. exs. n. 92.

β. subtomentosa: planta minor, pilis flavescentibus. Aresch. Alg. sc. exs. n. 169.

A Gevalia in mari orientali per totam oram Scandinaviæ occidentalem usque in Finmarkiam. Fructificat in Bahusia a medio Julio usque in finem Septembris l. Octobri.

Digitized by Google

Pilis hyalinis, longitudine majore, tortione sæpe spirali, diaphragmatibus, loco natali et fructificandi tempore abunde a sequente diversa. Paranemata ex apice clavato-rotundato in basin attenuata, 75 mcr^{mm} longa et apice 15 mcr^{mm} crassa, endochromate flavo plus minus referta. Zoosporangia unilocularia oblonga, 50 mcr^{mm} longa et 12$^1/_2$ mcr^{mm} crassa.

Forma β in formam primariam aperte abit, nec habet cum sequente aliquid commune.

2. CHORDA tomentosa. (Lyngb.)

Planta pilis fulvis dense vestita, paranematibus elongato-linearibus ima basi paululum attenuatis subhyalinis granula nonnulla parum colorata continentibus, zoosporangiis unilocularibus quam paranemata sublongioribus elongato-linearibus l. oblongo-linearibus. Tab. I fig. 8—11.

Scytosiphon tomentosus Lyngb. Hydr. p. 74. t. 19. — J. Ag. Sp. 1 p. 127.
Chorda Filum *b.* tomentosa Aresch. Phyc. sc. p. 143.
— tomentosa Aresch. Alg. sc. exs. n. 93.

Crescit unum l. duo metra sub aqua, saxis rupibusque semper adnata, locis æstui maris vehementi expositis, per totam oram Scandinaviæ occidentalem, in Bahusia extra Gothoburgum, ad Marstrand et Fiskebäckskil, in Norvegia meridionali (Lyngbye et Schübeler) et usque in Finmarkiam orientalem, ubi in Engelsvigen legit Rev. Pastor Landmark. Fructificat mensibus Aprili et Majo, in Bahusia æque ac in Finmarkia ante finem Junii, quo Chorda Filum emergit, evanescens.

Planta usque metrum longa, inferne in basin stipitiformiter et tenuiter attenuata ibidemque nuda (sine pilis); stipes 2—8 cm longus. Superius 3—4 mm crassa, in apicem attenuata et per totam longitudinem pilis densissimis vestita. Pili usque 6 mm longi et 20 mcr^{mm} crassi, fulvi, firmi et in apicem subobtusum parum attenuati, articulati; articuli cylindracei, diametro 3-plo l. 4-plo longiores. Paranemata zoosporangiis subbreviora 100 mcr^{mm} longa et in apice interdum incrassato 10 mcr^{mm} crassa. Zoosporangia unilocularia, lateribus interdum sinuatis, maxima, quæ vidimus, usque 115 mcr^{mm} longa et 15 l. 17$^1/_2$ mcr^{mm} crassa.

Nonnullis hujus plantæ speciminibus in aquam depositis, mox apparuit magna copia natantium phæozoosporarum, quæ forma fuerunt ovatæ, intus ubique l. ad mediam partem endochromate fusco tinctæ, 8 mcr^{mm} circiter longæ et 5 mcr^{mm} l. 6$^1/_2$ mcr^{mm} latæ; granulum rubro-fuscum laterale

Digitized by Google

in media phæozoospora; cilium anticum longum, perspicuum; posticum vix visibile (tab. I fig. 9). Languescente earum motu, modo lateribus vasis ut stratum tenue se affixerunt, modo in acervos nonnullos, in fundo jacentes, congregatæ fuerunt. Tertio die germinare inceperant multæ; ipsa phæozoospora, nunc vacua, tubum emiserat jam articulatum, articulis endochroma tenue fuscum continentibus (tab. I fig. 11 a). Post 14 dies tubus fuit filum monosiphonium, simplex l. ramosum (tab. I fig. 11 b), ipsaque phæozoospora (nunc cellula cum membrana cellulari circumdata) endochromate rubro-fusco repleta (fig. cit.). Nonnunquam vidimus inter has phæozoosporas, quæ germinaverant, binas phæozoosporas rostris elongatis apicibusque rostrorum, altero alteri diametraliter imposito, cohærentes, quod tunc temporis (1873) lusum naturæ, nec cohærentiam sexualem habuimus (tab. I fig. 10). Cfr hac de re infra, ubi de Dictyosiph. hippuroide loquemur.

3. CHORDA abbreviata Aresch.

Planta minore pilis fulvis dense vestita, paranematibus ex apice clavato in basin attenuatis endochroma tenue fulvo-coloratum continentibus, zoosporangiis unilocularibus paranemata subæquantibus ellipticis.

In fundo maris orientalis plures orgyas sub aqua demerso; retibus extracta prope Dalarö in vicinia Stockholmiæ, raro. Julio.

Pauca, quæ habemus, specimina 20—25 cm longa; fila 1—2 mm crassa, sed in omnibus, magnitudine omissa, quoad habitum Chordæ tomentosæ simillima. Pilorum color in utraque idem. Paranemata 33$^1/_3$ l. 46$^2/_3$ mcr^{mm} longa, ex apice subclavato, 10 l. 13$^1/_3$ mcr^{mm} crasso, in basin attenuata et endochromate parciore quidem, sed fulvo intus ornata. Zoosporangia fere semper elliptica, 40 l. 46 mcr^{mm} longa et 16$^2/_3$ mcr^{mm} circiter lata, longitudine itaque paranematibus æqualia. Quoad characteres intermedia est inter Chordam Filum et Chordam tomentosam, sed ab utraque paranematum et zoosporangiorum forma diversa, quod est quoque in causa, cur hoc loco eam omittere noluerimus.

SCYTOSIPHON (Ag.) Thur. Rech.

Planta filiformis, cylindracea, simplex, fistulosa. Strata duo: *corticale* e cellulis minimis; *internum* e majoribus verticaliter elongatis, versus peripheriam minoribus constructum. Zoosporangia multilocularia transformatione strati corticalis exorta, divisione longitudinali multiplicata, articulata, in planta verticalia et densissime stipata. Paranemata rarissima, inter zoosporangia sparsa, unicellularia.

Digitized by Google

1. SCYTOSIPHON lomentarius Lyngb.

Chorda lomentaria Aresch. Alg. sc. exs. n. 94. — Chorda autumnalis Aresch. l. c. n. 95 est forma autumnalis.

Per totam Scandinaviæ oram occidentalem usque in Maasoe in Finmarkia, cum in interioribus tum in exterioribus sinubus maris, mensibus Aprili et Majo frequentissimus et optime fructificans, jam vero mense Junio evanescens et reliqua æstate vix nisi sporadice et passim obvius.

Fructificatio a Cel. Thuret (Recherch. p. 10 t. 29 f. 1—4) eximio, quo solet, modo descripta et depicta, ut naturam zoosporangiorum intactam relinquere possimus. Inter zoosporangia invenimus interposita corpuscula, cum illis e cellulis subjacentibus exeuntia, quæ paranemata habere cogimur. Sunt ex apice rotundato l. rotundato-clavato in basin plus minusve attenuata, nunc endochromate fulvo intus tincta, nunc fere hyalina, zoosporangiis modo longitudine æqualia, modo iis usque duplo longiora et triplo crassiora. Mirandum tamen est, ea tam sparsa esse, ut raro observentur, quamquam inveniuntur cum in vernali tum in autumnali planta. In Phyc. scand. mar. p. 144 hæc paranemata zoosporangia a nobis sunt habita, et vera zoosporangia paranemata. Tab. II fig. 1.

PHYLLITIS Kg.

Planta submembranacea, frondosa l. anguste compresso-filiformis, simplex. Strata duo: *corticale* tenue, e cellulis minimis, subrotundato-angulatis; *internum* e majoribus hyalinis constructum. Zoosporangia multilocularia transformatione strati corticalis exorta, divisione longitudinali multiplicata, articulata, in planta verticalia et densissime in maculas irregulares stipata. Paranemata nulla.

1. PHYLLITIS Fascia (Flor. Dan.).

Laminaria Fascia Ag. et J. Ag.
Ilea Fascia Fr. Flor. scan. Aresch. Phyc. scand. mar. Alg. sc exs. n. 96.

In Alg. sc. exs. n. 96 tres distribuimus formas, quarum prima et secunda, utraque angustior, ad nostra littora vulgares sunt beneque notæ; tertia vero forma, quæ latissima est, ad Laminariam Fasciam Harv. et Anglorum certe pertinet. In hac fructificationem vidimus. Transformatione strati

Digitized by Google

corticalis exoriuntur zoosporangia multilocularia, ex unica serie cellularum constructa, 50 mcr^{mm} longa et 5 mcr^{mm} circiter crassa, ubique æqualia, basi cohærentia, quod multiplicationem eorum per divisionem longitudinalem ostendit. Plantae pars, in qua zoosporangia evolvuntur, intensius olivacea. Phæozoosporæ emissæ a nobis nondum observatæ sunt. Non raro observantur cryptostomata, ex quibus exeunt fasciculi filorum.

ELACHISTA Duby.

1. ELACHISTA Chondri Aresch.

Filis liberis inferne in basin abrupte et cuneatim inde in apicem longe attenuatis, articulis e membrana cellulari tenui et flaccida constructis endochroma parcum continentibus in basali parte diametro duplo brevioribus superne sensim sesqui- duplo l. triplo longioribus, paranematibus subcylindraceis, articulis diametro duplo l. triplo brevioribus, zoosporangiis unilocularibus ellipticis l. subobovatis. Tab. II fig. 2.

In utraque Chondri crispi pagina et in Furcellaria fastigiata, in fundo petroso extratæniensi maris Bahusiensis, prope Fiskebäckskil ad Långö et ad Grebbestad. Jul. Aug.

Cæspites nunc solitarii nunc stratiformiter confluentes, olivacei, 6—10 mm alti. Stratum basale seu hypothallinum e cellularum inferne cylindracearum, superne elliptico-inflatarum seriebus ramosis denseque stipatis formatum. Fila libera paulum supra partem basalem attenuatam crassissima et inde in apicem angustum et piliformem æqualiter attenuata; articuli nunc cylindracei nunc inflati, ab crassissima fili parte, ubi diametro vix longiores sunt, versus apicem sensim sesqui-, l. duplo et denique apicales usque 4-plo diametro longiores, endochroma parcum, in globulum centralem minorem non raro collapsum, continentes. Paranemata in juniore planta articulis diametrum æquantibus l. sublongioribus. Zoosporangia unilocularia subelliptica, utrinque obtusa, l. fere obovata.

Apud nos cum nulla specie facile confundi potest. Revera autem ad El. flaccidam se appropinquat ita, ut si postero die cum ea conjuncta fuerit, haud repugnabimus. — El. breviarticulata et El. curta Auctorr. ad El. flaccidæ speciem certe pertinent, in qua articulos longitudine et forma multo magis quam in ulla alia variare vidimus.

Digitized by Google

2. ELACHISTA lubrica Ruprecht.

Filis liberis inferne in basin abrupte et cuneatim inde in apicem parum attenuatis, articulis e membrana cellulari crassiore et firma constructis endochroma largum continentibus in basali parte diametro duplo l. triplo brevioribus superne sensim æquantibus sesqui- l. duplo longioribus, parane matibus leniter curvatis et in basin attenuatis, articulis superioribus subinflatis diametro subduplo l. triplo brevioribus, zoosporangiis unilocularibus elongato-subobovatis.

Elachista lubrica Rupr. Algæ ochotens. p. 196 (388). Aresch. Alg. sc. exs. n. 217.

In receptaculis Fuci distichi et in ramis Halosaccii ramentacei ad littora insulæ Maasoe in Finmarkia septentrionali legerunt Cel. Dr. Th. Fries et Cand. S. Henschen, mensibus Junii et Septembris.

Habitu et crescendi modo ab Elachista fucicola non multum abhorret, ut ei quam ulli alii affinior sit. Cæspites $1^1/_2$ l. 2 cm longi, distantes l. stratiformiter congesti. Stratum basale seu hypothallinum ut in El. fucicola. Filorum liberorum pars basalis longe magis attenuata et ex articulis constans diametro saltem usque 3-plo brevioribus. Paranemata leviter curvata, modo apice fere clavata, modo in media parte crassissima, articulis diametro forsan usque 4-plo brevioribus. His notis ab Elachista fucicola non parum diversa videtur.

3. ELACHISTA stellaris Aresch.

var. Elachista Chordæ Aresch.

Punctiformis, filis liberis parum breviterque in basin æqualiter ex inferiore parte in apicem subobtusum subulatim attenuatis, articulis e membrana cellulari firma constructis subinflatis endochroma largum continentibus in basali parte sesqui- superne sensim duplo l. usque triplo diametro longioribus, paranematibus subcylindraceis angustis rectis, articulis subduplo diametro brevioribus, zoosporangiis unilocularibus elongato-obovatis. Tab. II fig. 3.

Multis locis in mari Bahusiæ, ex. gr. prope Fiskebäckskil et Grebbestad, in parte infima Chordæ fili et in Asperococco bulloso; ad Florö in Stilophora rhizode invenit Cel. Prof. F. Ekman.

Ab Elachista stellari differt: 1) minore magnitudine; 2) articulis inflatis; 3) filis ex inferiore parte crassiore subulatim attenuatis; 4) articulis supremis diametro vix duplo (in El. stellari 4—5-tuplo) longioribus. Quamquam decem per annos eam his notis distinctam habuimus, vidimus tamen

Digitized by Google

nonnullas formas intermedias, ni fallimur, quæ eam specifice distinguere nos prohibent.

Obs. In juniore stadio omnes fere Elachistæ species steriles sunt, strato hypothallino filisque liberis jam bene evolutis; post hoc fila minora seu paranemata et zoosporangia demum explicantur. Autumno intrante l. longius provecto, fila libera abjiciuntur, paranematibus cum zoosporangiis glomerulum hemisphæricum formantibus (Elachista globosa Örsted). De cetero non modo earum habitus, sed etiam paranematum et zoosporangiorum numerus a diversa matricis structura, fundi indole et salis quantitate sunt magnopere dependentes, ut si species cognoscere velis, omnia earum evolutionis stadia sint sequenda, quod facere non potuimus.

CASTAGNEA Derb. Sol.

1. CASTAGNEA virescens (Carm.) Thuret.

Hæc apud nos multiformis est planta, cujus formas nonnullas in Alg. sc. exs. distribuimus, sperantes ut eas specifice distinguere possemus. Nunc vero, opera et oleo perditis, plurimas earum Castagneæ virescentis varietates habere cogimur. Est hæc species revera planta vernalis, mensibus Aprili, Majo et Junio in fundo arenoso conchifero et 8—10 pedes demerso minime rara, deinde evanescens. Post hoc Julio et Augusto reviviscit diversis locis, sed ejus specimina quam vere longe pauciora et sparsa.

1. *Formæ vernales:*
   a) Mesogloia baltica Alg. sc. exs. n. 216.
   b) Castagnea virescens Alg. sc. exs. n. 315.
2. *Formæ æstivales l. autumnales:*
   c) Mesogloia virescens Phyc. scand. mar. p. 151.
   d) — Ekmani Alg. sc. exs. n. 215.

Ex omnibus his formis Mesogloia Ekmani (Ekm. Bidrag p. 13. *Mesogloiæ spec.*) nobis visa est distinctissima, sed nuperius acceptis speciminibus, quæ ad vulgarem Castagneæ virescentis formam abire videntur, de utriusque vera differentia dubitare nobis sit concessum. In filis peripheriçis sunt in omnibus varietatibus longitudo articulorum et forma magnopere inconstantes et ex exteris momentis dependentes.

Digitized by Google

CLADOSTEPHUS Ag.

1. CLADOSTEPHUS verticillatus (Lightf.).

Cladostephus spongiosus β laxus Aresch. Phyc. scand. mar. p. 162.

Nostram formam β l. c. ad verum Cladost. verticillatum, nec ad Cl. spongiosum, pertinere nos edocuit exacta ejus cum Cl. verticillato comparatio. Crescit in Bahusia in fundo, nunquam, ut Cladostephus spongiosus, in scrobiculis littoralibus, 6—10-orgyali intratæniensi, inter Phyceas et Zosteram saxis lapidibusque adnatus. Synonymon Lyngbyei l. c. ad hunc certe pertinet, quamquam specimina non vidimus.

CHÆTOPTERIS Kg.

1. CHÆTOPTERIS plumosa Lyngb.

Hac in specie, ad oras nostras minime rara, omnis fructificationis vestigium diu latuit. Sed abhinc annos quattuor soror nostra Domina S. Åkermark eam invenit et benigniter nobis misit specimina plantæ, ut fructificationem describeremus.

Zoosporangia multilocularia. Autumni tempore, mensibus Octobri et Novembri, pinnæ articulatæ pro maxima saltem parte abjiciuntur, ut rami inarticulati sint fere nudi. Jam vero mense Decembri his in ramis distiche excrescunt ramenta numerosa et crebre approximata, quæ mensibus Januarii et Februarii sequentis anni perfectius evolvuntur. Hæc ramenta simplicia sunt, articulata, articulis diametro parum l. sesquilongioribus, inferne paucisiphonia, superne monosiphonia, a parte media non raro utrinque subattenuata, apice vero obtusa, usque 25 mcr^{mm} crassa, leviter sursum curvata, secus marginem superiorem zoosporangiis multilocularibus ornata. Zoosporangia breviter pedicellata, pedicello ex unico l. duobus articulis constructo, subelliptica, extremitatibus fere truncato-rotundatis et lateribus subparallelis, usque 50 mcr^{mm} longa et 40 mcr^{mm} lata; phæozoosporæ in loculis, ut videtur, solitariæ. Tab. II fig. 4.

Zoosporangia unilocularia: In nonnullis, mense Decembri lectis speciminibus, adsunt ejusdem generis segmenta articulata, articulis diametro brevioribus l. idem longitudine æquantibus, superioribus nonnunquam inflatis. In singulorum ramentorum apicibus adsunt singulæ cellulæ majores, elliptico-

Digitized by Google

subglobosæ, e membrana crassiore constructæ et usque 50 mcr^{mm} l. 40 mcr^{mm} diametro æquantes; lateraliter quoque in iisdem segmentis adsunt tales cellulæ, quamquam rarius et sparsæ, pedicellatæ, pedicello brevi, ex uno l. duobus articulis constructo. Hæ cellulæ, magnitudine zoosporangiis multilocularibus æquales, sunt vera zoosporangia unilocularia, in nostris speciminibus nondum bene evoluta. Tab. II fig. 5.

SPHACELARIA Lyngb.

1. SPHACELARIA cirrhosa (Roth.).

Hæc species ecorticata describitur, quamquam in speciminibus majoribus beneque ovolutis revera in basi et in ramis inferioribus adest stratum corticale, quod hoc oritur modo: in juniore planta inferne evolvuntur fila simplicia, filis primariis plantæ 3-plo l. 4-plo angustiora et ex articulis diametro 2-plo l. 3-plo longioribus, primum mono- deinde pauci-siphoniis constructa.

Hæc fila sensim eximie elongata et sursum crescentia cum filum primarium tum ramos inferiores arcte et anguiformiter circumvolvunt, quo exstat stratum corticale, sub quo articuli subjacentes omnino celantur. Hac quoque in planta adest fructus duplex.

Zoosporangia unilocularia: hæc diu coguita, initio ovata l. elliptica, matura vero sphærica, per totum fere annum inveniuntur, præsertim vero mensibus Julii, Aug. et Septembris.

Phæozoosporæ in glomerulum, indusio gelatinoso circumdatum, congestæ per porum apicalem zoosporangii protruduntur; inducium solvitur et se movere incipiunt. Primum late ovales sunt, deinde ovali-elongato-acuminatæ, 10—14 mcr^{mm} longæ et usque 10 mcr^{mm} latæ, sed forma mutabiles; cilia duo, posticum paulo brevius antico; granulum olivaceum lateraliter in media phæozoospora. Tab. II fig. 6.

Zoosporangia multilocularia, ut unilocularia, in latere pinnarum interiore obvia, elliptica, extremitatibus utrinque rotundatis, usque 80 mcr^{mm} longa et 50 mcr^{mm} lata, breviter pedicellata, pedicello ex unico articulo monosiphonio constructo. Tab. II fig. 7.

Utraque zoosporangia nunc in diversis, nunc in iisdem plantæ speciminibus; unilocularia cum in mari orientali, ex. gr. prope Dalarö, tum in Bahusia non raro inveniuntur, multilocularia vero in mari orientali non sunt observata.

Digitized by Google

GIRAUDIA Derb. Sol.

Planta cæspitosa. Stratum basale ex filis monosiphoniis articulatis, ramosis, verticaliter conglutinatis confectum. Fila (rami) inter se libera et consimilia, e strato basali exorta, simplicia, inferne in basin, inde superne in apicem attenuata et polysiphonia. Zoosporangia duplicis generis: 1) *multilocularia*, subulato-oblonga, ad basin filorum liberorum fasciculata; 2) *unilocularia:* "determinatis locis circa fila congesta, cylindracea, axi perpendicularia, zoosporas paucas foventia". Tab. III fig. 1 *a.* et *b.*

1. GIRAUDIA sphacelarioides Derb. Sol. Mém. p. 49, t. XIX fig. 12—16.

In maris Bahusiensis fundo petroso inter scopulos exteriores, laciniis vetustis Rhodymeniæ palmatæ, Chondro crispo et Zosteræ increscens, ex. gr. ad Långö extra Fiskebäckskil, ad Grebbestad et Koster, quo loco jam 1842 a nobis lecta est.

Habitu Elachistam referens, cæspitosa, cæspitibus 5—10 mm longis, non raro stratiformiter confluentibus. Fila inter se libera (seu rami) in ima basi attenuata, submonosiphonia, inde superne usque 75 mcr^{mm} crassa, in apicem attenuata et polysiphonia ibidemque in pilos soluta, articulis sensim longioribus. Ex ima horum filorum basi exeunt fila (rami) simplicia, multo breviora et angustiora, monosiphonia, articulis non raro duplo l. triplo diametro brevioribus, paranemata Elachistæ æmulantia, aut vera paranemata aut filorum longiorum primordia. Zoosporangia multilocularia oblongo-acuminata, obfusiformia, usque 120 mcr^{mm} longa basique 10—15 mcr^{mm} crassa, fasciculatim congesta in ramulis brevibus monosiphoniis, quæ e filorum polysiphoniorum basi infima egrediuntur. Zoosporangia unilocularia a Cell. Derbès et Solier l. c. descripta et depicta valde singularia videntur nobisque sunt ignota. Fructificatio autem, quam depinxerunt fratres Crouan in Florule du Finistère tab. 27, 171 est heterogeneum quidquid, quod in nostris speciminibus quoque vidimus.

LITHODERMA Aresch.

Crusta nigrescenti-olivacea, tota pagina inferiore arcte adnata, tenuis, in formam orbicularem tendens, novis stratis periodice super-impositis sensim crassior et firma. Strata ex filis erectis, simplicibus, articulatis, con-

Digitized by Google

cretis, e strato inferiore oriundis confecta; cellulæ in superficie minutæ subpolyedricæ, l. majores, rectangulares et in series flabelliformiter arcuatas seriatæ, quibus in ambitu crescit planta. Zoosporangia in filis verticalibus transformatione cellulæ apicalis exorta, indeque in crusta superficialia: 1) *unilocularia* obovata; 2) *multilocularia* lineari-oblonga l. elongato-elliptica, filis minutis subramosis apiceque elongato-inflatis lateraliter adnata. Utraque fructificatio in diversis plantis, filisque verticalibus, quorum cellulæ apicales longe sunt productæ, cimcumdata.

Quamquam hujus et Ralfsiæ crescendi modus et anatomica evolutio nobis nondum sunt clara, est certe inter utrumque genus differentia quædam anatomica, quam tamen h. l. ulterius non tangimus, nam utriusque plantæ fructificatio tam est diversa, ut novum condere genus nobis concessum videatur.

1. LITHODERMA fatiscens Aresch.

Crusta late effusa conspicua supra lævi denique crassiore aëri exposita in frustula fatiscente.

Ralfsia extensa Crouan Florule du Finistère p. 166.?
— fatiscens Aresch. in Scholis acad.

Minoribus et majoribus lapidibus, præsertim rotundatis adnata, in fundo maris 3—8 orgyas alto, a tæniis Gothoburgensibus usque ad Wäderöarne (Ekman) et Koster (Ipsi). In mari orientali quoque legitur usque ad Dalarö. Fructificat hyeme.

In magno et rotundato lapide crusta arcte adnata, diametro usque pedalis, sed vix plus quam 1 mm crassa, supra lævis et in aqua subnitida; adultior cum est, in interiore parte paginæ superioris cellulæ superficiales (i e. apices filorum verticalium), videntur formare parenchyma ex cellulis polyedricis minutissimis constructum; sed in ambitu, in quo crusta crescit, in crustis novissimis et in prolificantibus sunt cellulæ superficiales, ut in char. generis attulimus, fere rectangulares, ordinatæ in series, quæ lacinias marginales crustæ, plerumque flabelliformes, intrant. Hæ cellulæ nobis videntur juniores, ex quarum divisione verticali fila verticalia numero augentur. Fila verticalia linearia, $17^1/_2$—12 mcr^{mm} crassa, et ex 8—12 articulis constructa; articuli quam diametrum breviores, subquadrati, non raro endochroma in globulum centralem collapsum continentes. De fructificatione cfr char. generis.

Digitized by Google

Gratias debemus amico Dri. Kjellman, qui benigniter concessit nobis in charactere generis respicere utramque a se hoc hieme inventam hujus speciei fructificationem. Sola sequentis speciei zoosporangia invenimus.

Ralfsia extensa Crouan. Fl. du Finistère l. c. in nostram speciem, habitum si respicis, non male quadrat; ex altera autem parte, "sporanges cylindriques occupant le centre de la fronde, nombreux, à 8 articles, contenant chacun une spore", verba sunt, quæ in nostram plantam non cadant. Si autem sporæ, quas memoravit Crouan, sunt globuli supra memorati endochromatis in articulis filorum verticalium, res declarari potest.

2. LITHODERMA fluviatile Aresch.

Crusta minore fere inconspicua supra lævi semper tenuissima aëri exposita immutabili.

In lapillis in fundo arenoso-lapidoso amnium minorum et rivulorum, ex. gr. infra Qvarnbo loco arenoso in ipsa lira amnis et ad Lilla Wärdsätra prope Molam, nec alibi in tota Svecia a nobis lecta est, nec ab ullo alio, quantum scimus. Anno 1853 primum inventa. Aestivalis.

Tam arcte est lapillo adnata, ut de præsentia ejus non possit tibi persuaderi nisi cultro adhibito, quo frustula minutissima abradi possint. Siccitate non mutatur. Superficiales cellulæ sunt per totam fere crustam rectangulares, in series ordinatæ, quæ in lacinias marginales l. prolificationes flabelliformes arcuatim intrant; junioribus stratis supra vetera formatis, hæc structura fit obscurior et, ut in priore specie, minute parenchymatica in media planta. Sectio crustæ verticalis ostendit fila verticalia ex articulis seu cellulis 5—6, quæ nullos includunt globulos centrales, constructa. In ipsa crusta sparsi sunt sori cellularum majorum, formatas sporas continentium, quæ, ut zoosporangia unilocularia prioris speciei, exortæ sunt transformatione articulorum apicalium filorum verticalium.

PHLOEOSPORA Aresch. Bot. Not. 1873. p. 131.

Planta capillari-filiformis, elongata, ramosissima, inferne fistulosa, superne solida. Strata duo: *corticale* e cellulis minoribus, in superficie subquadratis l. rectangularibus; *internum* validum, e majoribus longitudinaliter elongatis, in axi crassioribus versus peripheriam sensim angustioribus constructum. Rami ramulique apice in seriem cellularum seu articulorum pilo

Digitized by Google

determinatam desinentes. Vegetatio terminalis, verticali et horizontali articulorum apicalium divisione acropetali effecta, tandem absoluta. Zoosporangia unilocularia, e cellulis corticalibus transformatis exorta, semi-ovaliter exserta et per longa spatia plantam dense investientia. Phæozoosporæ maturæ in globulum muco cohibitæ per apicem sporangiorum protruduntur, latæ ovatæ, cilio antico distincto, postico rarius visibili. Tab. III fig. 2—5.

1. PHLOEOSPORA subarticulata Aresch.

Scytosiphon foeniculaceus Lyngb. Hydr. p. 61 tab. 14 C. f. 5 (hujus plantæ particula).
Dictyosiphon foeniculaceus β b. Aresch. Phyc. sc. mar. p. 148 tab. 5. F. (non bona).
— foeniculaceus *var.* subarticulatus Aresch. Alg. sc. exs. n 104 (1862) et n. 318.
Phloeospora subarticulata Aresch. Bot. Not. 1873 p. 132.

Hæc vulgaris est planta cum in mari orientali, saltem ad Dalarö altiore in fundo non rara, lapillis plerumque insidens, tum ad littora nostra occidentalia (et verisimiliter etiam ad totam oram Norvegiæ), ubi frequentior est et multo magis evoluta. In Bahusia saltem in interioribus sinubus, in vadosis et in profundo minime rara. Est revera planta vernalis, jam Martii et Aprilis mensibus emergens et usque in Julium persistens.

Non raro format cæspitem in fundo effusum, qui metrum est longus et e mari extractus, filis contortis, usque 6 cm crassitie æquans; in altiore mari cochleis adnatus, brevior, 4—6-pollicaris. Color sordide flavescens l. fuscescens, quo ab Dictyosiphone foeniculaceo nonnunquam distinguitur. Planta eximie decomposito-ramosa. Fila, vix plus quam duo mm crassa, inferne plus minus fistulosa, superne farcta. Strati corticalis cellulis sub microscopio subquadratis l. subrectangularibus ab affinibus statim dignoscitur. Cellulæ corticales per longa spatia transformantur in cellulas phæozoosporiferas (seu zoosporangia) dense stipatas et mamillæformiter exsertas. Phæozoosporæ nunc congestæ in globulum, indusio gelatinoso circumdatum, per porum apicalem zoosporangii extruduntur et, indusio soluto, disparguntur; nunc abest indusium et phæozoosporæ exeunt longo agmine. Sunt ovatæ, circiter 10mcr^{mm} longæ et 6$^{3}/_{8}$ mcr^{mm} latæ; granulum fusco-rubrum laterale in media phæozoospora; cilium anticum longius et facile visibile, posticum brevius rariusque visibile. Se movere cum desinunt, in acervos in fundo vasis colliguntur, sed eas germinare non vidimus, ab animalculis denique destructas.

Digitized by Google

DICTYOSIPHON Grev. Aresch. l. c. p. 132.

Planta capillaris, filiformis, ramosa, inferne fistulosa l. cava, superne plus minus solida. Strata duo: *corticale* e cellulis minoribus, in superficie rotundato- l. angulato-quadratis; *internum* e majoribus, longitudinaliter elongatis constructum. Rami ramulique usque in apicem extremum corticati, inarticulati. Vegetatio terminalis, cellularum corticalium et interiorum divisione effecta. Zoosporangia unilocularia sparsa, immersa, horizontaliter elliptica l. ovata, extra in superficie plantæ denique denudata, orbicularia l. elliptica et per porum phæozoosporas emittentia.

Ab priore genere hoc magnopere differt: ramorum apicibus nunquam articulatis, zoosporangiis sparsis, nunquam in maculas seu soros indeterminatæ extensionis dense approximatis, immersis, nec directa metamorphosi cellularum strati corticalis exteriarum exortis. Sed hoc in genere zoosporangia unilocularia formantur ex cellulis quibusdam interioribus, quoniam in nonnullis speciebus ex. gr. Dictyosiph. hippuroide et Dictyosiph. foeniculaceo (et forsan in omnibus) initio a strato corticali tecta sunt, quamquam denique denudantur in plantæ superficie. Immersa sunt semper; in sectione transversali horizontaliter elliptica, nunc stratum internum intrantia, nunc in strato corticali densiore locata, ut forsan normaliter in subgenere Coilonemate. Phæozoosporæ non in omnibus visæ.

1. Subgen. *Dictyosiphon:* Species majores, longissimæ, tenui-filiformes, non gelatinosæ, rami ramulique basi non attenuati; cellulæ strati corticalis minores; zoosporangia unilocularia in superficie plantæ sphærica l. longitudinaliter elliptica, distantia, sparsa.

1. DICTYOSIPHON hippuroides (Lyngb.)

Planta usque pedali fuscescente solida l. inferne subfistulosa, filis primariis plus minus dense ramosis, ramis subæquilongis ramulos primi secundique ordinis sparsos portantibus, cellulis strati corticalis basi horizontaliter seriatis endochromate largiore fusco repletis superne solitariis, cellulis strati interni validi amplioribus et e membrana crassiore constructis, phæozoosporarum cilio postico invisibili et granulo laterali in mediis.

Scytosiphon hippuroides Lyngb. Hydr. p. 63 tab. 14 B. (fig. pessima).
— tomentosus (Fl. Dan.). Lyngb. l. c. p. 62.
— ramellosus J. Ag. Nov. ex. alg. fam. p. 16.

Digitized by Google

Dictyosiphon foeniculaceus *α* Aresch. Phyc. mar. sc. p. 147 tab. 6 A et B, tab. 8 A.
Chordaria flagelliformis *var.* *β* et *γ* J. Ag. Sp. I p. 66 et 67.
Dictyosiphon hippuroides Alg. sc. exs. n. 105, n. 320 et n. 321 — Bot. Notis. 1873 p. 133.

In l. paululum infra limitem aquæ marinæ, cum in mari orientali usque ad Dalarö tum ad oram Scandinaviæ occidentalem saltem usque ad Molde et Christiansund in Norvegia, præsertim Chordariæ flagelliformi, sed etiam aliis algis, molibus ligneis et lapidibus innascens, cum in interioribus tum in exterioribus sinubus minime rara, æstivali tempore et autumnali.

Est, ut credimus, borealis et distinctissima species, quæ cum nulla alia confundi possit, si ejus structuram diligenter examinemus, ipsum habitum non respicientes. In speciminibus bene evolutis basi observatur vestigium strati centralis, quod in ceteris nunquam observavimus, eodemque loco cellulæ strati corticalis fuscæ et horizontaliter radiatæ, valde sunt insignes. Sed Chordariæ structura est longe alia et cum hac nil habet commune. Ab affinibus de cetero differt quodammodo in eo quod zoosporangia immersa extra ab strato corticali sæpe tecta sunt, quod verisimiliter fluit ex evolutione minus provecta, nam vidimus quoque zoosporangia denudata, nec hoc modo velata.

Phæozoosporæ, cum natare incipiunt, late ovatæ, endochromate usque in rostrum intus tinctæ; deinde ovato-elongatæ, plus minus acuminatæ, superiore parte hyalina; granulum fusco-rubrum lateraliter in media phæozoospora; cilium anticum longum et facile visibile, posticum, si adfuerit, non visibile; longitudo earum 6—10 mcr^{mm} et maxima crassities 4—6 mcr^{mm} (tab. III fig. 6).

Phæozoosporarum conjunctio et germinatio. Ut copulationem quandam videremus, motum phæozoosporarum cum hujus tum aliarum hujus ordinis plantarum diligentissime observavimus, sed semper frustra. In motu altera phæozoospora alteram non tangit, omnes per se cursum tendunt, ceterum mundum non curantes. Quæ cum ita fuerit, ipsam phæozoosporarum germinationem diligentius sequi et perquirere nobis proposuimus. Itaque mense Augusto (1874) deposuimus in craterem vitreum tria hujus plantæ specimina, e Chordaria flagelliformi depromta, ex quibus post nonnullas horas maxima phæozoosporarum copia procreata fuit. Ubique in aqua fuerunt dispersæ, vivide huc et illuc natantes. Motu earum sensim languescente, longe plurimæ in acervos, in fundo vasis jacentes, conglobatæ fuerunt; pauciores latera vasis et fundum strato tenuiore obduxerunt; omnes, motu finito, plus minus sphæricæ. Postero die et quattuordecim insequentibus eas

Digitized by Google

quotidie observavimus; jam tertio die omnia adfuerunt evolutionis stadia itemque quoque postremo. In illis phæozoosporarum acervis, quos supra memoravimus, hoc tempore observatæ sunt *phæozoosporæ mortuæ*

1. subsphæricæ, rostris cohærentes binæ, quarum utraque materie interna solita et granulo rubro-castaneo laterali notata fuit (tab. III fig 7).
2. sursum ovato-acuminatæ, rostris cohærentes binæ, quarum utraque materie interna solita et granulo rubro-castaneo laterali notata fuit (tab. III fig. 8).
3. rostris cohærentes binæ, quarum utraque materie interna solita et granulo rubro-castaneo laterali notata fuit; quarum vero nunc alterius, nunc utriusque rostrum ita fuit elongatum, ut ambæ phæozoosporæ tubo conjunctionis (ut ambo fila in Spirogyra) conjunctæ fuerint. In hoc tubo sutura (cfr Spirogyram) (tab. III fig. 9).
4. ut in 3., binæ tubo conjunctæ, altera vero phæozoospora magis sphærica, evacuata seu inanis, altera elongata, materie interna solita rariusque unico, plerumque autem duobus granulis rubro-castaneis lateralibus et fere oppositis (ut in zygozoosporis *Confervarum*) notata [1]). Illam masculinam, hanc femineam nominare lubet (tab. III fig. 10).
5. phæozoospora feminea, ut in 4, cum masculina, quæ evacuata fuit seu inanis, tubo conjuncta et ex extremitate inferiore filum articulatum, nunc simplex, nunc ramosum emittens. Hæc vera germinatio (tab. III fig. 11).

Denique non raro a nobis observatæ sunt:

1:mo tres sphæozoosporæ rostris cohærentes, inter se similes, omnes materie interna solita granuloque rubro-castaneo laterali notatæ (tab. III fig. 12 a).

2:do tres phæozoosporæ rostris cohærentes, quarum unica sphærica et evacuata seu inanis (masculina) rostrum habuit elongatum in tubum, cujus apici ceteræ duæ, materie interna solita granuloque rubro-castaneo ornatæ, inhæserunt (phæozoosporæ femineæ) (tab. III fig, 12 b).

Diu incerti fuimus, utrum his in rebus veram foecundationem, an aberrantem germinationem videremus. Sed observationibus nostris figurisque rite perpensis, foecundationis veræ præsentia vix denegari potest; nam nunc duæ, nunc tres (cfr. figuras) rostris cohærentes et normales phæozoosporæ cum

[1]) Cfr Obs. phyc. in Actis Ups. Ser. III Tom. IX fig. 2 et 5.

Digitized by Google

tubo germinationis unius phæozoosporæ non sunt commutandæ. Cum conjunctione progrediente progreditur quoque cellulosæ formatio, ut ambæ conjunctæ phæozoosporæ, tubo cojunctionis formato et phæozoospora masculina evacuata, possint haberi cellulæ, quæ membrana cellulari, quamquam tenuissima, sint circumdatæ. Phæozoosporam masculinam evacuatam seu inanem sæpe nominavimus; fatendum est tamen, ejus evacuationem in phæozoosporam femineam nos nunquam vidisse, quod in corpusculis tam parvis res est nimis fortuita. Phæozoospora masculina evacuata, phæozoospora feminea incipit ex extremitate inferiore emittere germinationis tubum, qui sensim articulatus fit ramosque procreat. Phæozoosporæ rostris connectuntur verisimiliter eo temporis momento, quo in acervos colliguntur et moriuntur.

In acervis phæozoosporarum germinantium observantur germinationes duplicis generis: 1) *foecundatione exortæ*, in quibus exit tubus germinationis ex extremitate inferiore phæozoosporæ femineæ, quæ cum masculina evacuata conjuncta est (tab. III fig. 11): 2) *sine foecundatione exortæ*, in quibus phæozoospora solitaria emittit tubum germinationis denique articulatum, in quem demittitur ejus materies inclusa, ipsa sphærica et vacua (t. III f. 13). Hanc germinationem in Chorda tomentosa supra memoravimus (t. I f. 11).

Si hæ nostræ observationes sunt, ut speramus, veræ et stabiles, adest inter Chlorozoosporearum et Phæozoosporearum foecundationem tanta differentia, ut hanc paucis verbis attingere abs re non alienum putemus. In illis duæ chlorozoosporæ (corpuscula duo protoplasmatica) coalescunt in zygozoosporam, sensim membrana circumdatam et denique germinaturam. In Phæozoosporeis autem connectuntur tantummodo rostris, cum moriuntur, phæozoospora masculina et feminea; deinde utraque membrana cellulari vestitur; hoc facto utraque earum est vera cellula et foecundatio perficitur, qua perfecta ipsa phæozoospora feminea immediatim germinare incipit. Absunt itaque omnes zygosporæ, et potest potius phæozoospora masculina in memoriam revocare granulum pollinis tubo conjunctum cum vesicula quadam embryonali (= phæozoospora feminea).

Quantum ab procreatione phæozoosporæ in ejus germinationem præterlabatur temporis spatium, certis experimentis comperire non potuimus. Pauca tantummodo afferre licet. Die 21 Augusti hora IX a. m. plura Dictyosiphonis hippuroidis specimina in craterem deposita fuerant, ex quibus magna exiit copia phæozoosporarum. Hora V p. m. harum longæ plurimæ immobiles et plus minus rotundatæ fuerunt. Ex his:

1:mo rotundæ, sine formatione tubi germinantis; maxima multitudo.
2:do rotundæ, cum formatione tubi germinantis, sed antecedentibus longe pauciores (ut in tab. III fig. 13 a).

Digitized by Google

3:to binæ nunc rotundatæ, nunc ovales rostrisque connexæ, sed paucæ (ut in tab. III fig. 7).

Postero die hora XI a. m. pluries observatæ fuerunt binæ copulatæ, rostris valde elongatis (ut in tab. III fig. 9 *a*.), quarum in nonnullis observatum fuit in extremitate inferiore phæozoosporæ femineæ tubi germinationis primordium verrucæ instar.

2. DICTYOSIPHON foeniculaceus (Huds.).

Planta usque tripedali olivaceo-flavescente inferne fistuloso-tubulosa superne plus minus solida elongato-ramosissima, ramis alternis l. nonnunquam oppositis repetite ramulosis, cellulis strati corticalis tenuis parvis in superficie angulato-quadratis l. rotundatis endochromate tenui flavescente repletis, cellulis strati interni et tenuioris angustioribus e membrana tenuiore constructis, phæozoosporarum utroque cilio visibili et granulo laterali in inferiore parte.

Scytosiphon foeniculaceus (Huds.). Lyngb. Hydr. p. 63 tab. 14 C (exclus. fig. 3).

Dictyosiphon foeniculaceus β (excl. b.) Aresch. Phyc. sc. mar. p. 148 tab. 7. — Alg. sc. exs. n. 103 et n. 319.

Variis algis præsertim phæozoosporaceis, ut Chordæ flagelliformi, Scytosiph. lomentario, Phyllitidi Fasciæ, Chordæ Filo, immo Phloeosporæ adnatus, cum ad oram Scandinaviæ totam occidentalem tum in mari orientali usque ad Dalarö, præcipue in interioribus sinubus, locis vadosis vulgaris et sæpe in societate Phloeosporæ; de cetero lapillis conchisque innascens. A mense Martio usque in Septembrem; mense Majo optime vigens.

Habitu et magnitudine cum Phloeospora ita convenit, ut utraque planta difficile distinguatur, nisi oculo armato; longe vero difficilius a priore specie dignoscitur. Color tamen magis in flavescentem vergens, et fila tenuiora. Cellulæ strati corticalis circiter 5 mer^{mm} longæ, angulatæ l. angulato-subquadratæ, et minores quam in priore specie. In ramulorum apicibus sæpe observantur pili hyalini et fere oppositi, cellulis seu articulis basi subbrevioribus, superne usque 25-plo diametro longioribus. In priore specie hi pili sparsi sunt, totam plantam tomento obducentes. Tubulationis diameter est in diversis speciminibus et in diversis ejusdem plantæ partibus eximie variabilis. Interdum inflatur ita, ut reducatur stratum internum in stratum tenue, a strato corticali obtectum et tubulationem circumdans. Interdum in axi tenui-fistulosus. Sporangia unilocularia in superficie plantæ plerumque longitudinaliter elliptica, sed sæpe et sphærica, in sectione vero transvesali sunt horizontaliter ovata,

Digitized by Google

extremitate crassiore stratum internum, acutiore stratum corticale intrante. Sed hac in re verisimiliter magna varietas. Phæozoosporæ, cum se movere incipiunt, ad parietem vasis fenestræ oppositum colliguntur, ovatæ l. elongato-ovatæ, 6 l. 8 mcr^{mm} longæ, cum duobus ciliis visibilibus; granulum fusco-rubrum plerumque in infima phæozoosporæ parte. Tertio die germinaverant; tubus germinationis nunc obtusus, nunc subacutus, tandem articulatus.

Var. Dictyosiphon flaccidus Aresch. Bot. Not. 1873 p. 137.

Planta bipedali olivaceo-virescente l. flavescente tubuloso-inflata membranacea in ultimis tantum ramulis solida ramusissima, ramis alternis l. nonnunquam oppositis flaccidis repetite ramulosis, cellulis strati corticalis tenuis submajoribus in superficie plus minus regulariter subquadratis endochromate tenui subviridi-flavescente repletis, cellulis strati interni tenuissimi angustioribus et e membrana tenuiore constructis intra stratum corticale ut stratum tenue perifericum tubulationem circumdantibus.

Dictyosiphon flaccidus n. subspec. Aresch. in Bot Not. 1873. p. 137.

Sæpe in societate præcedentis et cum eo commixtus, rarius solitarius, cæspitesque flavescentes formans. In sinubus interioribus ex. gr. prope Fiskebäckskil, mensc Majo.

Vix aliud est hæc planta quam præcedentis varietas seu forma magis inflata. Quam enim variabiles sint structura et tubulatio Dictyosiph. foeniculacei jam supra diximus. Sed habitus ejus differt ramificatione recedente, flacciditate quadam, quæ ex consistentia membranacea fluit, filisque et ramulis inflatis. Cellulæ strati corticalis in superficie plantæ longe magis quadratæ, in Dict. foenicalacei forma normali contra minores et irregulariter angulatæ. Fila tubulosa et rami aëre non raro repleti, ut Enteromorpha intestinalis aliæque, quo magna tubulatio facile conspici potest.

In Lyngbyei Hydroph. Dan. p. 63 duæ afferuntur Scytosiphonis foeniculacei formæ, *β intricata* et *γ membranacea*, quarum una l. altera ad nostram subspeciem sit forsan referenda, qua vero de re cum certitudine nil dicere possumus.

2. Subg. *Coilonema:* Aresch. Alg. sc exs. n. 323. Species minores; fila primaria et rami elongato-subsimplices, tubuloso-inflati, utrinque, præsertim in basin, attenuati; cellulæ strati corticalis majores, rotundatæ; zoosporangia unilocularia in strato corticali locata(?), in superficie fere orbicularia et dense approximata.

Digitized by Google

Hoc subgenus differt ab veris Dictyosiphonibus, cum quibus ejus species in statu evoluto vix confundi possunt, ramis fili primarii elongatis subsimplicibus et cum in basin tum in apicem insigniter attenuatis, cavis. Cellulæ strati corticalis quam in Dictyosiphone magis rotundatæ et majores, largo endochromate repletæ, in sectione transversali horizontaliter fere seriatæ. Stratum internum vix corticali crassius eique impositum et tubulationem circumdans. Zoosporangia unilocularia in tota planta frequentia, in strato corticali locata (nec ut in Dictyosiphone stratum internum intrantia?), in sectione horizontali rotundato-elliptica l. elliptica, in superficie plantæ plus minus rotundata et raro ab strato corticali tecta. Omnes species pilis hyalinis, quorum articuli basi sunt diametro breviores, superne longiores, plus minus dense obsessæ.

3. DICTYOSIPHON (Coilonema) Chordaria Aresch.

Planta 3—5-pollicari olivacea, filo primario subsimplici l. ramis pluribus elongatis simplicibus l. ramulum unum alterumve portantibus per totam fere longitudinem obsesso.

a. Bahusiensis: 4—5-pollicaris, filo primario ramis elongatis subsimplicibus per totam fere longitudinem obsesso.
Dictyosiphon Chordaria Aresch. Phyc. sc. mar. p. 150. tab. 7 B. — Flor. Dan.

b. simpliciuscula: filo primario simplici l. ramis nonnullis elongatis basi tantum obsesso.
Coilonema Chordaria Aresch. Alg. sc. exs. n. 323.

Forma primaria *a.* lecta est in Bahusia prope Fiskebäckskil, palis increscens et dein ad oram occidentalem nunquam reperta; *b.* frequenter legitur in mari orientali prope Dalarö cum Dictyosiphone hippuroide, molibus ligneis adnata. Aestate. — Sept.

Hæ formæ, quarum altera cum in Phyc. sc. mar. tum in Flora Dan. delineata, altera in Alg. Scand. exs. distributa est, sunt longe minus quam sequens species gelatinosæ, sed rigidiores, nec tam flaccidæ. Color magis fuscus. Crassities insigniter variat; nonnulla specimina inflata, nonnulla tenuiora, fere capillaria, cum ramis elongatis capillaribus; sed horum transitus in illa evidens est. Idem observatur in Dictyosiph. foeniculaceo, sed in hoc ramificatio alia ramique nunquam basi attenuati.

Digitized by Google

4. DICTYOSIPHON (Coilonema) Mesogloia Aresch.

Planta 5—8-pollicari olivaceo-flavescente flaccida, filo primario subsimplici l. ramis elongatis simplicibus l. ramulum unum alterumve portantibus per totam longitudinem obsesso.

a. filo primario ramis secus totam longitudinem egredientibus subsimplicibus obsesso.
Dictyosiphon Mesogloia Aresch. Alg. sc. exs. n. 106 (1862).
Coilonema Mesogloia Aresch. l. c. n. 324.

b. filo primario crassiore subsimplici l. unum alterumve ramum longiorem et parce capillari-ramulosum portante.

Ad littora in fundo unum l. duos pedes demerso, lapillis adnatus. Forma *a.* jam 1834 a nobis lecta ad Särö in Hallandia, deinde ad Fiskebäckskil in Bahusia tandemque a Domina S. Åkermark extra Gothoburgum prope Warholmen inventa. Forma *b.* ad Gottlandiam legit et benigniter communicavit Cel. Prof. Cleve. — Planta vernalis, mensibus Majo et Junio optime evoluta, ante initium Julii evanida.

Et a priore et ab sequente facillime in eo distinguitur, quod tam est lubrica et flaccida, ut eam Mesogloiam esse crederes. Cum crassissima est, duo l. tria mm æquare videtur, sæpe vero angustior. Specimina usque pedalia et ultra, elongata et valde tenuia, Dictyos. foenicul. var. flaccidam in memoriam non male revocant (talia in priore memoravimus), sed distincta manet semper ramis simplicibus basique attenuatis, ut de vera utriusque differentia nunquam dubitemus.

5. DICTYOSIPHON (Coilonema) Ekmani Aresch.

Planta cæspitosa, filis normaliter simplicibus e media parte inflata utrinque tenue attenuatis, cellulis strati corticalis majoribus in sectione transversali horizontaliter seriatis exterioribus protuberantibus et laxe cohibitis, zoosporangiis unilocularibus magnis.

In Scytosiphone lomentario ad Marstrand et ad Christiansund in Norvegia. Ipsi et Cel. Prof. Ekman. Mensibus Maji et Junii.

Digitized by Google

Per longa spatia investit Scytosiph. lomentarium, veluti Lithosiphon pusillus Chordam Filum, ut ab incauto species Litosiphonis facile haberetur. Fila, ex eodem callo radicali plura, 2—5 cm longa et in media parte, ubi crassissima, vix plus quam duo mm crassa indeque in apicem longe et capillariter attenuata. His notis a prioribus quodammodo distinguitur hæc forma, quam tamen distinctam speciem venditare nolumus. Immo dubitare licet, an hæ species, quas in subgenere Coilonemate distinximus, sint in natura specifice diversæ, quod aliis dijudicandum committimus.

Digitized by Google

Explicatio Figurarum.

Tab. I.

Fig. 1—3. *Polysiphonia hemisphærica:* Fig. 1 sectio transversalis fili primarii (amplif. 200). — Fig. 2 pars fili primarii, radiculas emitttens (amplif. 110). — Fig. 3 pars fili acido muriatico madefacta, ut 6 siphones cum centrali conspiciantur (amplif. 150).

Fig. 4. *Gloiosiphonia capillaris:* tetrasporæ (amplif. 300).

Fig. 5. *Bangia fuscopurpurea: a.* filum in superficie visum; b1 – b3 sectiones filorum transversales; progrediens cellularum formatio.

Fig. 6. *Bangia pumila: a. b. c. d.* fila diversæ evolutionis; *e.* sectio transversalis (amplif. 200); *f.* sporæ (amplif. 200 et 500).

Fig. 7. *Bangia pumila: a.* et *b.* fila antheridifera (amplif. 200); *c.* antherozoida (amplif. 500).

Fig. 8. *Chorda tomentosa:* zoosporangia unilocularia cum paranematibus (amplif. 300).

Fig. 9. *Chorda tomentosa:* phæozoosporæ in motu (amplif. 1000).

Fig. 10. *Chorda tomentosa:* duæ phæozoosporæ rostris elongatis connexæ (amplif. 1000).

Fig. 11. *Chorda tomentosa: a.* phæozoosporæ non connexæ et germinantes (amplif. 1000); *b.* ejusdem generis germinatio longius provecta (amplif. 1000).

Tab. II.

Fig. 1. *Scytosiphon lomentarius:* sectio transversalis strati corticalis et fructigeri, ut zoosporangia multilocularia et paranemata videantur (amplif. 500).

Fig. 2. *Elachista Chondri:* Aresch.

Fig. 3. *Elachista Chordæ:* Aresch.

Fig. 4. *Chætopteris plumosa: a.* particula plantæ zoosporangia multilocularia portans (amplif. 150); *b.* zoosporangium multiloculare magis (220) amplificatum.

Fig. 5. *Chætopteris plumosa: a.* particula plantæ zoosporangia unilocularia portans (150 amplif.); *b.* zoosporangium magis amplificatum (220).

Fig. 6 *Sphacelaria cirrhosa:* zoosporangia unilocularia; *a.* phæozoosporis repletum; *b.* evacuatum (amplif. 250).

Fig. 7. *Sphacelaria cirrhosa:* zoosporangia multilocularia: *a.* duo phæozoosporis repleta; *b.* unum evacuatum (amplif. 250).

Digitized by Google

Tab. III.

Fig. 1. *Giraudia sphacelarioides: a.* stratum basale, zoosporangia multilocularia, fila majora et minora; *b.* apex fili majoris.

Fig. 2. *Phloeospora subarticulata: a.* apex articulatus fili, in quo divisione verticali acropetaliter evolvitur stratum corticale; *b.* idem, in quo hæc evolutio irregulari modo perficitur.

Fig. 3. *Phloeospora subarticulata:* sectiones transversales filorum; *a.* tenuioris, *b.* validioris fili.

Fig. 4. *Phloeospora subarticulata:* zoosporangia unilocularia (sev cellulæ corticales phæozoosporiferæ) phæozoosporas conglobatas emittentia.

Fig. 5. *Phloeospora subarticulata:* phæozoosporæ viventes.

Fig. 6. *Dictyosiphon hippuroides:* phæozoosporæ viventes.

Fig. 7—10. *Dictyosiphon hippuroides:* phæozoosporæ mortuæ in diversis conjunctionis stadiis — cfr p. 28.

Fig. 11. *Dictyosiphon hippuroides:* conjunctiones, in quibus phæozoosporæ femineæ tubos geminationis emittunt.

Fig. 12. *Dictyosiphon hippuroides:* tres phæozoosporæ mortuæ rostris connexæ; in *a.* omnes similes; in *b.* una (masculina) evacuata; cfr p. 28

Fig. 13. *Dictyosiphon hippuroides:* phæozoosporæ mortuæ, non connexæ, et tamen germinantes

Obs. Fig. 5—13 amplif. 1000.

Digitized by Google

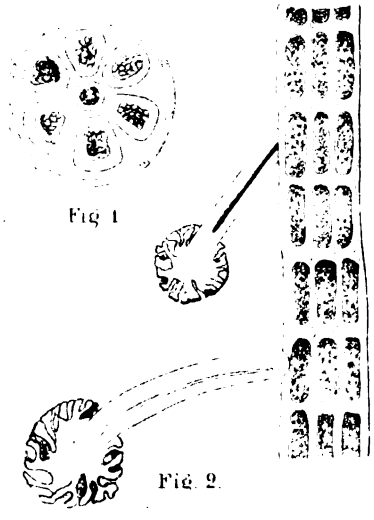


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

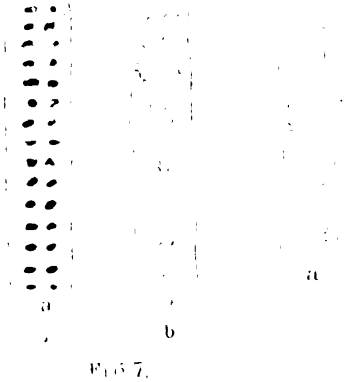


Fig. 7.

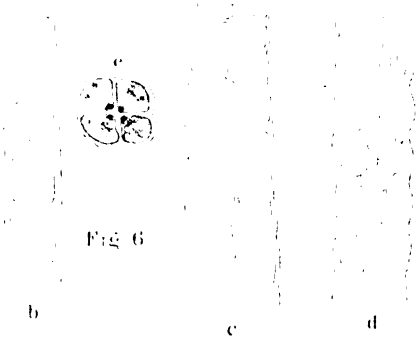


Fig. 6.

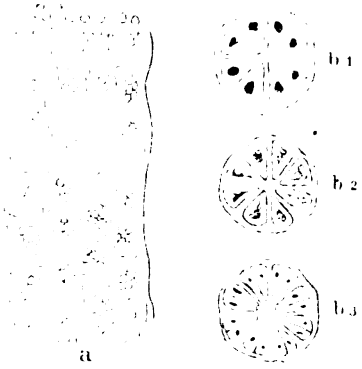


Fig. 5.

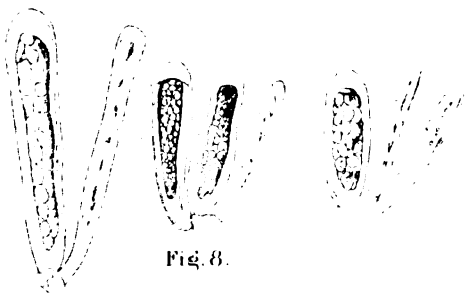


Fig. 8.

Fig. 9.

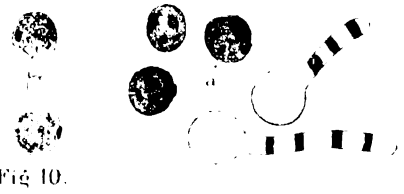


Fig. 10.

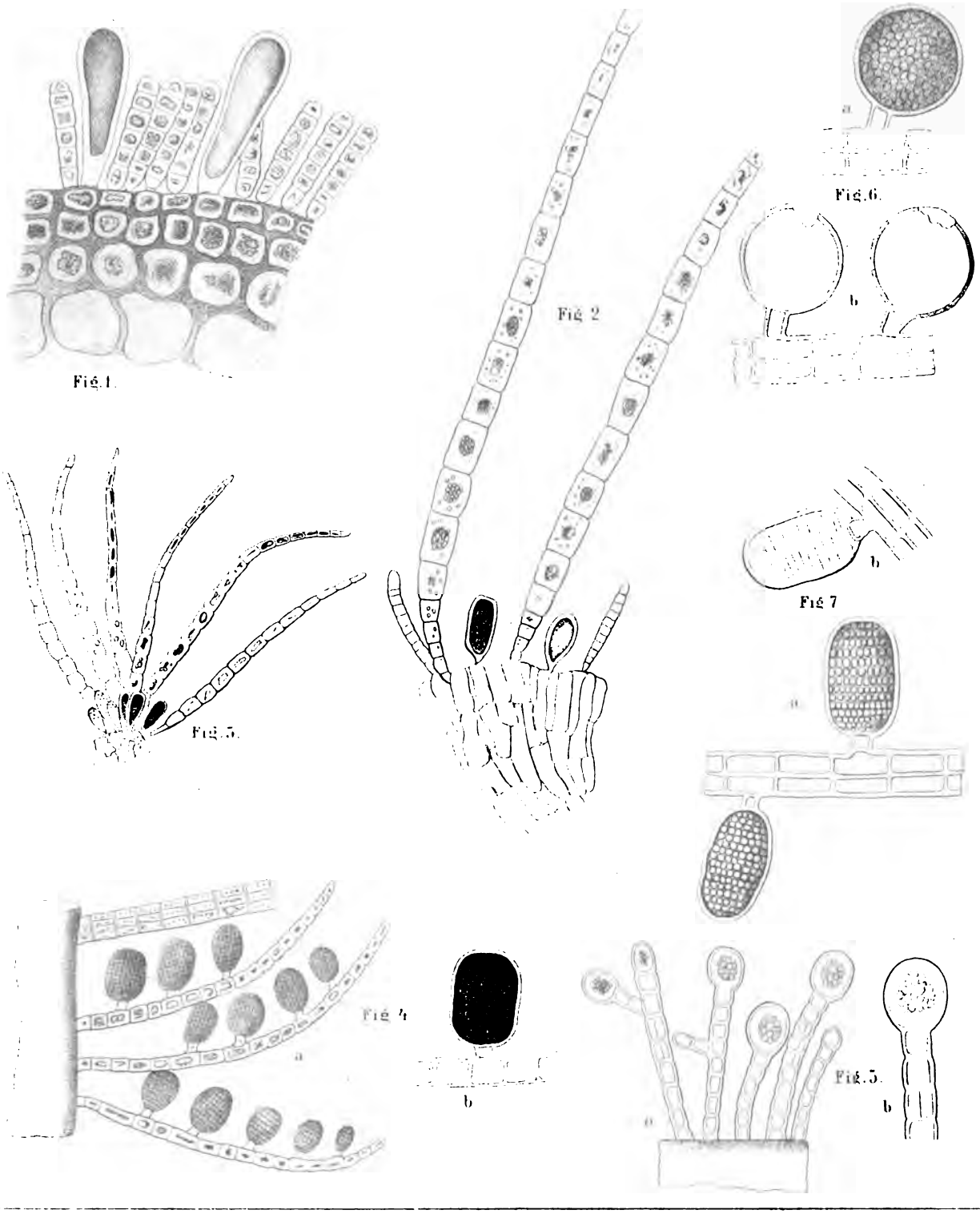
Fig. 11.

Auctor del.

Fig. 1–3 Polysiphonia hemisphaerica. Fig. 4 Gloiosiph capillaris. Fig. 5 Bangia fuscopurpurea. Fig. 6–7 Bangia pumila. Fig. 8–11 Chorda tomentosa.

Digitized by Google

Digitized by Google

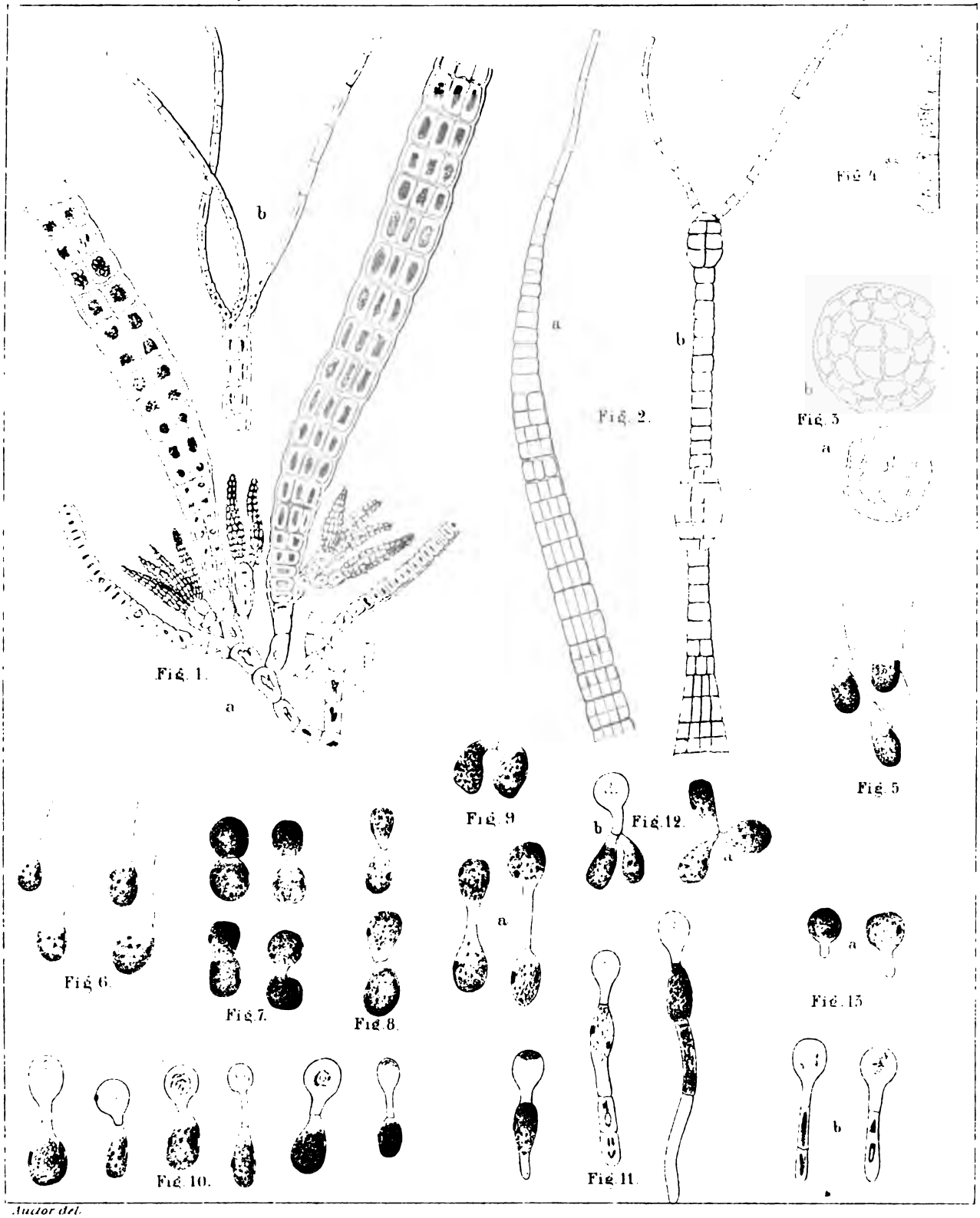


Auctor del

Fig. 1 Scytosiphon lomentarius. Fig. 2 Elachista Chondri. Fig. 3 Elachista Chordæ. Fig. 4 5 Chætopteris plumosa. Fig. 6. 7 Sphacellaria cirrhosa.

Digitized by Google

Digitized by Google



Auctor del.

Fig. 1 Girandia sphacelarioid. Fig. 2–5 Phloeospora subarticulata. Fig. 6–13 Dictyosiphon hippuroides.

Digitized by Google

Digitized by Google

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

DIE FASERSTOFFGERINNUNG

VON

Dr. OLOF HAMMARSTEN.

(Überliefert der K. Societät der Wissenschaften zu Upsala d. 28 Maj 1875).

UPSALA 1875,
DRUCK DER AKADEMISCHEN BUCHDRUCKEREI,
ED. BERLING.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhaltsübersicht.

Pag.

I. Entsteht der Faserstoff durch die chemische Vereinigung zweier Eiweissstoffe, des Fibrinogens und der fibrinoplastischen Substanz?

§ *1.* Einleitung . . . . . 1.
§ *2.* Über die Einwirkung des Chlorcalciums auf die Faserstoffgerinnung . . . . . 5.
§ *3.* Über die Einwirkung des Caseins auf die Faserstoffgerinnung 15.
§ *4.* Über die Einwirkung der Neutralisation auf die Faserstoffgerinnung . . . . . 27.
§ *5.* Über eine neue Methode zur Reindarstellung des Fibrinogens aus dem Blutplasma . . . . . 31.
§ *6.* Der experimentelle Beweis, dass der Faserstoff nicht durch eine chemische Verbindung von dem Paraglobulin und dem Fibrinogen entsteht . . . . . 43.
§ *7.* Versuche mit reinen Fibrinogenlösungen, nebst einigen Beobachtungen über die Löslichkeit des Faserstoffes in Salzen und Alkalien bei Anwesenheit von einem fibrinlösenden, fermentartigen Stoffe . . . . . 46.

II. In welcher Weise kann die unzweifelhafte und unbestrittene Einwirkung des Paraglobulins auf die Faserstoffgerinnung erklärt werden?

§ *1.* Über die Einwirkung der Alkalien und der neutralen Salze auf die Faserstoffgerinnung . . . . . 62.
§ *2.* Über die Löslichkeit des Fibrins in Alkalien bei Abwesenheit von einem besonderen, das Fibrin verunreinigenden, fibrinlösenden, fermentartigen Stoffe . . . . . 70.
§ *3.* Über die Wiederauflösung, resp. die verhinderte Ausscheidung des Faserstoffes, bei Anwesenheit von paraglobulinfreiem Serum, nebst einigen Beobachtungen über die Entstehung eines paraglobulinähnlichen Eiweisskörpers bei der Gerinnung . . . . 72.
§ *4.* Über die Löslichkeit des Fibrins in neutralen Salzen bei Abwesenheit von einem das Fibrin verunreinigenden, fibrinlösenden, fermentartigen Stoffe . . . . . 82.
§ *5.* Ein Versuch die Wirkungsweise des Paraglobulins bei der Gerinnung — auf Grundlage der in dieser Abhandlung mitgetheilten Versuchsergebnisse — zu erklären . . . . . 91.
§ *6.* Die Versuche und Beobachtungen von Alex. Schmidt stimmen mit der in dem vorigen § ausgesprochenen Ansicht gut überein. 108.
§ *7.* Schlussbemerkungen . . . . . 127.

Digitized by Google

Berichtigungen.

Seite	14	Zeile	15	von	unten	statt	schen	lies	*schon*
»	14	»	8	»	»	»	fibrinsplastische	»	*fibrinoplastische*
»	15	»	14	»	»	»	Weire	»	*Weise*
»	18	»	7	»	»	»	indie sem	»	*in diesem*
»	24	»	20	»	»	»	dieser	»	*diesen*
»	27	»	14	»	»	»	einwirke	»	*einwirken*
»	30	»	12	»	»	»	wiedergelegt	»	*widergelegt*
»	32	»	1	»	oben	»	Pferdeblutplasmas,	»	*Pferdeblutplasmas*
»	47	»	2	»	unten	»	ein ge-	»	*einge-*
»	57	»	14	»	»	»	verhinderter	»	*verhinderten*
»	70	»	1	»	»	»	NaOH	»	Na_2O

Digitized by Google

I. ENTSTEHT DER FASERSTOFF DURCH DIE CHEMISCHE VEREINIGUNG ZWEIER EIWEISSSTOFFE, DES FIBRINOGENS UND DER FIBRINOPLASTISCHEN SUBSTANZ?

§ 1. *Einleitung.*

Unter den vielen Ansichten, welche in der Lehre von der Faserstoffgerinnung sich geltend gemacht haben, giebt es kaum eine, welche einer grösseren Verbreitung und einer allgemeineren Anerkennung sich zu erfreuen hatte, als die von ALEXANDER SCHMIDT aufgestellte Hypothese. Dieses Verhalten kann in der That nicht auffallend erscheinen, denn die Hypothese von AL. SCHMIDT stützt sich auf eine Menge von schönen, zu wiederholten Mahlen bestätigten Beobachtungen, und ein jeder, welcher die Faserstoffgerinnung zum Gegenstande einer experimentellen Untersuchung macht, wird sich leicht von der Richtigkeit der SCHMIDTschen Angaben überzeugen können. Unter diesen Verhältnissen bleibt es also nur übrig zu fragen, ob auch die von dem genannten Forscher gegebene Deutung der Thatsachen die richtige sei, ob man also, auf Grund der bisher gemachten Erfahrungen gezwungen sei, den Faserstoff als das Produkt einer chemischen Vereinigung zweier Eiweissstoffe, des Fibrinogens und des Paraglobulins, aufzufassen.

Ich glaube, dass die bisher beigebrachten Thatsachen nicht zu einer derartigen Annahme nöthigen; sämmtliche Beobachtungen können in einfacherer Weise gedeutet werden, und die Hypothese von SCHMIDT bleibt aus mehreren Gründen unwahrscheinlich. Diese Gründe sind schon von anderen Forschern, besonders aber von EICHWALD [1]), hervorgehoben worden, und dieser Umstand mag, in Anbetracht des schon überdiess ziemlich grossen Umfanges dieser Abhandlung, entschuldigen, wenn ich auf die Einwände,

[1]) Beiträge zur Chemie der gewebbildenden Substanzen und ihrer Abkömmlinge von DR. E. EICHWALD JUN. Erstes Heft. Berlin 1873.

Digitized by Google

welche gegen die SCHMIDTsche Hypothese bisher erhoben wurden, nicht näher eingehe und wenn ich aus den bis jetzt bekannten Thatsachen in dieser Abhandlung überhaupt nur dasjenige hervorhebe, was für eine richtige Beurtheilung meiner Versuchsresultate sowie für die Behandlung des Gegenstandes überhaupt nicht ohne Schaden weggelassen werden kann.

Nach den neuesten Angaben von AL. SCHMIDT [1]) entsteht der Faserstoff durch eine, unter dem Einflusse eines fermentartigen Stoffes eingeleitete, chemische Vereinigung von 2 Eiweisskörpern, dem Paraglobulin, für welches er den Namen *"der fibrinoplastischen Substanz"* beibehält, und dem Fibrinogen. Die fermentartige Substanz, *"das Fibrinferment"*, welches erst in den dem Lebenseinflusse entzogenen, gerinnbaren Flüssigkeiten entsteht, wird von dem Paraglobulin mechanisch mit niedergerissen, und es ist AL. SCHMIDT bisher nicht gelungen, ein fermentfreies Paraglobulin darzustellen. Gerade durch diesen letzten Umstand wird die Rolle des Paraglobulins in den älteren Versuchen von SCHMIDT [2]) etwas zweifelhaft, aber in den beiden, zuletzt erschienenen Abhandlungen [3]) [4]) führt derselbe Forscher zwei Beobachtungen an, welche für eine chemische Verbindung der beiden Eiweisstoffe sehr zu sprechen scheinen.

Die neuen Beobachtungen, welche so sehr für die SCHMIDTsche Hypothese sprechen, sind die folgenden. Erstens giebt es gewisse Hydrocelenflüssigkeiten, welche weder spontan noch durch Zusatz von dem Fermente allein, sondern erst durch gleichzeitigen Zusatz von dem Paraglobulin und dem Fermente gerinnen; zweitens soll man in einer und derselben fibrinösen Flüssigkeit durch gleichzeitigen Zusatz von dem Paraglobulin und dem Fermente sogar 6 Mahl mehr Fibrin, als durch Zusatz von dem Fermente allein, erhalten können. Gerade auf diese letztere Beobachtung legt ALEX. SCHMIDT grosses Gewicht und er hält dafür, dass die Annahme einer genetischen Beziehung zwischen den beiden Eiweisskörpern, dem Paraglobulin und dem Faserstoffe, kaum mehr abgewiesen werden könne.

---

[1]) Neue Untersuchungen über die Faserstoffgerinnung. von *Prof.* ALEXANDER SCHMIDT *in Dorpat. Pflügers Archiv Bd. 6. Bonn 1872.*

[2]) Über den Faserstoff und die Ursachen seiner Gerinnung von *Dr.* ALEX. SCHMIDT in Dorpat. *Reicherts und Du Bois-Reymonds Archiv 1861.*

Weiteres über den Faserstoff und die Ursachen seiner Gerinnung von *Dr.* ALEX. SCHMIDT in Dorpat. *Reicherts und Du Bois-Reymonds Archiv 1862.*

[3]) L. c. *Pflügers Archiv Bd. 6. Bonn 1872.*

[4]) Ueber die Beziehungen des Faserstoffes zu den farblosen und den rothen Blutkörperchen und ueber die Entstehung der letzteren. Vorläufige Mittheilung von *Prof.* ALEX. SCHMIDT in Dorpat. *Pflügers Archiv Bd. 9. Bonn 1874.*

Digitized by Google

Es kann in der That auch nicht geläugnet werden, dass die eben angeführten Beobachtungen wirklich für die SCHMIDTsche Hypothese sprechen. Indessen wird es — wie ich glaube — aus diesem Aufsatze zur Genüge hervorgehen, dass die Ausscheidung des Faserstoffes nicht auf einer Vereinigung der fibrinogenen und der fibrinoplastischen Substanz beruhen kann, und wir werden gleichzeitig sehen, dass die unzweifelhafte Einwirkung des Paraglobulins auf die Faserstoffgerinnung in einer ganz anderen Weise erklärt werden muss.

In Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von SCHMIDT können die fibrinösen Flüssigkeiten in 2 Hauptgruppen getheilt werden. Zu der einen Gruppe gehören diejenigen Flüssigkeiten, welche die beiden Fibringeneratoren enthalten und welche desshalb gerinnen, sobald das Ferment in ihnen gebildet oder von aussen ihnen zugeführt wird. Solche Flüssigkeiten sind Blut, Chylus, Lymphe und die Mehrzahl der sogenannten serösen Transsudate. Die andere Gruppe umfasst diejenigen Flüssigkeiten, welche kein Paraglobulin oder höchstens verschwindende Spuren davon enthalten, und welche in Folge dessen nur gerinnen, wenn ausser dem Fibrinfermente ihnen noch die fibrinoplastische Substanz zugeführt wird. Zu dieser Gruppe gehören, nach der Angabe von ALEX. SCHMIDT [1]), die Herzbeutelflüssigkeit vom Pferde — in der geringeren Anzahl von Fällen — und die Mehrzahl der Hydroceleflüssigkeiten.

Es ist einleuchtend, dass — so lange die fibrinogene Substanz noch nicht in genügender Menge, im reinen Zustande, dargestellt werden kann — gerade die letztgenannten, paraglobulinfreien Flüssigkeiten für das Studium des Gerinnungsvorganges von der grössten Bedeutung sein müssen. Aus diesem Grunde gingen auch meine ersten Bemühungen darauf hinaus, eine möglichst grosse Zahl von Hydroceleflüssigkeiten zur Untersuchung zu erhalten, und durch die höchst zuvorkommende Güte mehrerer schwedischen Aertzte ist es mir auch möglich geworden, *31* Hydroceleflüssigkeiten in Arbeit zu nehmen und auf die Gerinnungsfähigkeit zu prüfen.

Bevor ich zu den eigentlichen Versuchsresultaten übergehe, mag es mir erlaubt sein, über die Beschaffenheit der Hydroceleflüssigkeiten einige Bemerkungen voranzuschicken. Meine Erfahrungen über die Gerinnungsfähigkeit dieser Flüssigkeiten stimmen nicht gut mit den Angaben von SCHMIDT überein. Nach diesem Forscher soll nämlich die Mehrzahl der Hydroceleflüssigkeiten weder "spontan" noch mit der Fermentlösung allein, sondern erst nach einem Zusatze von fibrinoplastischer Substanz gerinnen,

[1]) *Pflügers Archiv Bd.* 6, S. 452.

Digitized by Google

aber dieses Verhalten der genannten Flüssigkeiten traf — wie es aus der folgenden Uebersicht hervorgehen wird — nur in einer Minderzahl der von mir beobachteten Fälle zu.

Sämmtliche von mir beobachteten Hydrocceleflüssigkeiten können in 4 Gruppen getheilt werden, und zu der ersten führe ich diejenigen, welche "spontan" gerannen. Der Ausdruck "spontan gerinnend" ist doch fast nichtssagend, wenn man nicht die Beobachtungszeiten mit in Rechnung bringt, denn es ereignet sich oft, dass eine Hydroceleflüssigkeit erst nach längerer Zeit, nach etwa 8—14 Tagen, gerinnt; und es ist also, um Missverständnissen vorzubeugen, nothwendig auf das Verhalten der zu dieser Kategorie gehörenden Flüssigkeiten hier etwas näher einzugehen.

Unter den *31* von mir beobachteten Hydroceleflüssigkeiten waren *6* innerhalb der ersten 24 Stunden geronnen; *5* andere waren nach Verlauf von 2—3 Tagen geronnen, da aber diese Flüssigkeiten mir zugeschickt wurden und unterwegs geronnen waren, kann die Gerinnungszeit für sie nicht näher angegeben werden. *Eine* Flüssigkeit gerann erst nach Verlauf von 5 Tagen und *2* andere Hydroceleflüssigkeiten, welche doch vielleicht richtiger in eine andere Kategorie fallen, setzten zwischen dem 11:ten und 14:ten Tage einen flockigen Niederschlag ab, von dem es schwer zu entscheiden war, ob er überhaupt aus Fibrin bestände. Von den 31 Hydroceleflüssigkeiten waren also *12* unzweifelhaft "spontan" geronnen, aber nur in einer einzigen konnte mit dem Spectroskope Spuren von Blut nachgewiesen werden. In den übrigen *19* traten während einer Beobachtungszeit von 8—14 Tagen gar keine Gerinnsel auf.

Zu der 2:ten Gruppe rechne ich diejenigen Flüssigkeiten, welche nicht "spontan" (innerhalb 8—14 Tage) aber wohl nach Zusatz von dem Fermente allein gerannen. Die Zahl der hierher gehörenden Flüssigkeiten war *10*, wenn die beiden obengenannten Hydroceleflüssigkeiten, von denen es etwas zweifelhaft war, ob sie "spontan" gerannen, hierher gerechnet werden. Diese beiden Flüssigkeiten gerannen nämlich sehr deutlich nach Zusatz von der Fermentlösung allein.

Zu einer 3:ten Gruppe führe ich die Flüssigkeiten, welche weder spontan noch nach einem Zusatze von dem Fermente allein, sondern erst nach gleichzeitigem Zusatze von fibrinoplastischer Substanz und Ferment gerannen. Die Zahl der hierher zu rechnenden Flüssigkeiten war *5*.

Zu einer 4:ten Gruppe können endlich diejenigen *4* Flüssigkeiten gerechnet werden, welche in keiner Weise, weder mit Ferment, noch mit Paraglobulin, Blutserum oder Blut zur Gerinnung gebracht werden können.

Digitized by Google

Aus dieser kurzen Uebersicht geht es also hervor, dass nur eine Minderzahl der von mir beobachteten Hydroceleflüssigkeiten zu denjenigen gehörten, welche erst nach einem Zusatze von fibrinoplastischer Substanz gerinnen. Diese geringe Uebereinstimmung zwischen den Beobachtungen von SCHMIDT und den meinigen hat gewiss ihren Grund darin, dass die Hydroceleflüssigkeiten eine sehr wechselnde Zusammensetzung haben. Als Belege für diese Behauptung will ich anführen, dass der Gehalt der von mir untersuchten Flüssigkeiten an festen Stoffen zwischen 3 und 17 % Schwankte, und demnächst will ich daran erinnern, dass unter *6* von HEYNSIUS [1]) beobachteten Hydroceleflüssigkeiten nur eine nach der Beimischung kleiner Mengen Serums oder Blutes zu einem Kuchen gerann, während *4* auch nach dem Beimischen von Blut keine Spur einer Gerinnung zeigten.

Die Ursache dieses wechselnden Verhaltens ist es mir gegenwärtig gar nicht möglich anzugeben. Ich will nur bemerken, dass in den von mir beobachteten Flüssigkeiten keine bestimmten Beziehungen zwischen der Gerinnungsfähigkeit einerseits und andererseits dem Gehalte an festen Stoffen, dem Alter der Geschwülste und der Zahl der etwa vorgenommenen Punctionen stattzufinden schienen. Es war also beispielsweise unter den nicht gerinnenden Flüssigkeiten eine, welche nur 3 %, und eine andere, welche sogar 17 % feste Stoffe enthielt. Unter den gerinnenden rührten einige von älteren, zum ersten Male punctirten Hydrocelegeschwülsten her, während andere von Geschwülsten, verschiedenen Alters, an welchen die Punction schon wiederholt vorgenommen worden, stammten.

Nach diesen vorangeschickten Bemerkungen gehe ich zu dem eigentlichen Gegenstande über.

§ 2. *Über die Einwirkung des Chlorcalciums auf die Faserstoffgerinnung.*

In einer früheren, in schwedischer Sprache veröffentlichten, Abhandlung über die Gerinnung des Caseins mit Lab [2]) habe ich gezeigt, dass die Anwesenheit einer genügenden Menge von Calciumphosphat ein nothwendiges Bedingniss für das Gerinnen einer milchzuckerfreien Caseinlösung

[1]) Über die Eiweisskörper des Blutes von A. HEYNSIUS. *Pflügers Archiv, zweiter Jahrgang* 1869.

[2]) Om det chemiska förloppet vid caseinets coagulation med löpe, af OLOF HAMMARSTEN. *Upsala Läkaref. Förhand.* Bd. 9. Auch in *Malys Jahresbericht* (über das Jahr 1874).

Digitized by Google

mit Labe ist, und ich hatte weiter gefunden, dass in mehreren Hinsichten eine sehr grosse Übereinstimmung zwischen der Faserstoffgerinnung und der Gerinnung einer milchzuckerfreien Caseinlösung vorhanden ist. Erinnert man sich nun, dass, soweit die bisherigen Erfahrungen reichen, das Fibrin bei der Verbrennung immer einen, der Hauptmasse nach aus Calciumphosphat bestehenden, unverbrennlichen Rückstand hinterlässt, dessen Menge nach den neuesten Angaben von HOPPE-SEYLER und KISTIAKOWSKY [1]) 0,625 % beträgt, so wird es nicht unwichtig nachzuforschen, in wie weit das Calciumphosphat bei der Faserstoffgerinnung sich betheiligen könne. Diese Frage bildete auch der Ausgangspunkt meiner Untersuchungen.

Die Transsudate enthalten immer eine geringe Menge phosphorsaurer Alkalien, und da jedenfalls die Menge des bei der Faserstoffgerinnung betheiligten Calciumphosphates nur eine höchst geringe sein kann, schien es mir, als könne ein vermehrter Gehalt dieser Flüssigkeiten an Calciumphosphat am einfachsten in der Weise erreicht werden, dass ich den Hydroceleflüssigkeiten eine kleine Menge einer $CaCl_2$-Lösung zusetzte. Durch den Vergleich mit einer zweiten, gleich grossen aber mit $CaCl_2$ nicht versetzten Quantität derselben Hydroceleflüssigkeit konnte die Einwirkung des $CaCl_2$s auf die Gerinnungsgeschwindigkeit beobachtet werden, während eine Einwirkung des Kalksalzes auf die Fibrinmenge durch Wägung von den in beiden Proben ausgeschiedenen Fibrinmassen festgestellt werden konnte.

Um in den Hydroceleflüssigkeiten eine Gerinnung einzuleiten, stellte ich Lösungen des Fibrinfermentes genau nach den Angaben von ALEX. SCHMIDT dar, nur mit der Abweichung, dass ich den mit Alkohol im Serum erzeugten Niederschlag nicht nur 14 Tage, sondern 3—4 Wochen unter 97 %-tigem Alkohol stehen liess. Selbst nach dieser Behandlung waren die Fermentlösungen nicht ganz eiweissfrei, aber die in ihnen vorhandenen Eiweissspuren sind nach SCHMIDT [2]) ohne Bedeutung, um so mehr, als die Fermentlösungen jedenfalls keine fibrinoplastische Substanz enthalten.

Die Resultate der in dieser Weise — mit einem Zusatze von $CaCl_2$ — ausgeführten Versuche waren sehr schlagend. Schon in den ersten Versuchen zeigte es sich nämlich, dass sogar ein unbedeutender Zusatz von $CaCl_2$ einen sehr merkbaren, und zwar einen doppelten, Einfluss auf die Faserstoffgerinnung auszuüben im Stande ist. Erstens wird die Gerinnung durch das $CaCl_2$ wesentlich beschleunigt und zweitens wird die Menge des

---

[1]) Ein Beitrag zur Charakteristik der Pancreas-Peptone von Dr. KISTIAKOWSKY. *Pflügers Archiv* Bd. 9. 1874.

[2]) L. c. *Pflügers Archiv* Bd. 6.

Digitized by Google

ausgeschiedenen Faserstoffes dadurch bedeutend vermehrt. Die Gerinnungsbeschleunigung ist selbstverständlich leicht zu beobachten; aber auch der Zuwachs an Faserstoff tritt in mehreren Fällen so deutlich hervor, dass er ohne Wägung constatirt werden kann. Es können sogar die quantitativen Versuche bisweilen weniger schlagend als die qualitativen sein, denn eine dem Anscheine nach höchst bedeutende Fibrinmenge wiegt nur einige Deci- oder Centi-grammen, wenn sie getrocknet wird, und ein Unterschied, welcher sehr augenfällig ist, tritt, in Grammen ausgedrückt, vielleicht nicht ebenso deutlich hervor. Andrerseits geben die qualitativen Versuche — in Bezug auf die Menge des Faserstoffes — vielfach zu Täuschungen Anlass, und aus diesem Grunde habe ich einige qvantitative Versuche ausgeführt.

In Bezug auf diese Versuche, welche in der Tabelle I enthalten sind, muss ich zunächst bemerken, dass in sämmtlichen Proben, welche mit einer $CaCl_2$-Lösung versetzt wurden, das Gewicht des aschefreien Faserstoffes angegeben ist. Es war nämlich in diesen Fällen unbedingt nöthig, das Fibrin einzuäschern, denn es bildet sich in den $CaCl_2$-haltigen Proben oft nach einiger Zeit ein aus Kalksalzen bestehender Niederschlag, welcher das Fibrin verunreinigt und dessen Gewicht vermehrt. Um das Einäschern der hier in Frage kommenden, geringen Substanzmengen zu ermöglichen, wurde das Fibrin, nachdem es gewaschen worden, in sehr kleine Platinkästchen mit hohen Wänden hineingebracht. In diesen Kästchen, welche aus möglichst dünnem Platinbleche verfertigt waren und etwa 0,400 Gm wogen, wurde das Fibrin eingetrocknet, gewogen und eingeäschert. Diese letztere Operation konnte, wenn sehr langsam bei gelinder Hitze gearbeitet wurde, ohne merkbaren Verlust ausgeführt werden, und das Wägen der rückständigen Asche konnte mit grosser Genauigkeit geschehen. Der in den Controle- (d. h. in den nicht $CaCl_2$-haltigen) Proben erhaltene Faserstoff wurde nicht eingeäschert, einerseits weil der Gehalt dieses Fibrins an Aschenbestandtheilen als ein verschwindend geringer angesehen werden konnte, und, andererseits, weil es gerade in diesen Fällen darauf ankam, selbst dem geringsten Verluste an Fibrin wenn möglich vorzubeugen.

Trotz der geringen Faserstoffmengen, welche man als Regel in den Hydroceleflüssigkeiten erhält, kann der Faserstoff doch ziemlich leicht ohne Verlust aufgesammelt werden, wenn man nur Sorge dafür trägt, dass die Gerinnsel nicht zu fein vertheilt werden. Wartet man ruhig mit dem Umrühren ab, bis ein ziemlich festes Gerinnsel sich gebildet hat, so kann man mit einiger Übung, wenn der richtige Zeitpunkt getroffen wurde, ohne Schwierigkeit das ganze Gerinnsel mit dem Glasstabe fassen und durch Drücken gegen die Wand des Becherglases auspressen. Man erhält so ein

Digitized by Google

kleines aber festes Faserstoffklümpchen und eine vollkommen klare Flüssigkeit. Nach und nach entstehen neue Gerinnsel, welche in ganz derselben Weise behandelt werden, aber die zuletzt entstehenden Coagula sind in der Regel so klein, dass sie mit dem Glasstabe nicht zu grösseren Klümpchen gesammelt werden können. Man lässt daher, nach beendigter Fibrinbildung, die Probe 24 Stunden in der Kälte ruhig stehen, und die kleineren Flöckchen, welche während dieser Zeit sich vollständig zum Boden gesetzt haben, kleben nun so fest an die grösseren Gerinnsel, dass die Flüssigkeit beinahe vollständig, und jedenfalls ohne den geringsten Verlust an Fibrin, in eine Glasschale übergeführt werden kann. Sollten hierbei vielleicht einige kleine Fibrinflöckchen sich losmachen und mit hinüberschlüpfen, sind sie in der Glasschale leicht zu sehen, und man bringt sie mit einer Pincette in das Becherglas zurück. Durch Drücken und Pressen mit einem Spatel wird darauf das in dem Becherglase zurückgebliebene Fibrin von dem Serum möglichst befreit, und durch Besichtigung des letzteren kann man dabei jedem Verluste an Fibrin vorbeugen. Das von dem Serum möglichst befreite Fibrin wird in einer Glasschale wiederholt mit Wasser gewaschen, bis es an letzteres keine Spuren von Eiweiss mehr abgiebt; dann wird es durch Auspressen von dem überschüssigen Wasser befreit, in das Platinkästchen übergeführt, getrocknet, gewogen und, nöthigenfalls, eingeäschert.

In dieser Weise konnte in den meisten Fällen der in den mit $CaCl_2$-Lösung versetzten Proben ausgeschiedene Faserstoff aufgesammelt und gereinigt werden. In einem Versuche waren indessen die zuletzt entstandenen Gerinnsel so klein, dass sie nicht in obengenannter Weise aufgesammelt werden konnten, und es wurde desshalb in diesem Falle aller Faserstoff auf ein kleines, aschefreies, gewogenes Filtrum gebracht, mit Wasser zu verschwindender Eiweissreaction des Filtrates gewaschen und zuletzt nach bekannten Regeln getrocknet, gewogen und im Platintiegel eingeäschert.

In den mit $CaCl_2$-Lösung nicht versetzten (controle-) Proben war es in mehreren Fällen ebenfalls nothwendig die Faserstoffgerinnsel auf kleine Filtren zu sammeln, denn wegen der Lockerheit und Kleinheit der Gerinnsel war es nur in dieser Weise möglich etwaigen Verlusten an Fibrin vorzubeugen.

In Bezug auf das Auswaschen des Faserstoffes mag ausserdem bemerkt werden, dass in *2*, in der Tabelle nicht mit aufgenommenen, Versuchen der Faserstoff zuerst mit Wasser, dann mit einer 7-procentigen Kochsalzlösung und zuletzt wiederum mit Wasser ausgewaschen wurde. Nachdem ich aber gefunden hatte, einerseits, dass die in Wasser unlös-

Digitized by Google

lichen, in NaCl löslichen. Verunreinigungen des aus Hydroceleflüssigkeiten in obengenannter Weise aufgesammelten Faserstoffes verschwindend gering sind, und, andrerseits, dass ein Auswaschen mit NaCl-Lösung, wegen der, wie wir später finden werden, bisweilen nicht unbedeutenden Löslichkeit des Faserstoffes in diesem Salze nicht ganz ohne Gefahr ist, stand ich von dem Auswaschen mit Kochsalzlösung ab, und der Faserstoff wurde nunmehr mit Wasser allein — wie oben angegeben — gewaschen.

Abgesehen davon, dass die Hydroceleflüssigkeiten nur eine geringe Fibrinmenge geben, haben sie noch die Unannehmlichkeit, dass in ihnen erst nach längerer Zeit eine erschöpfende Gerinnung eintritt. Entfernt man den zuerst ausgeschiedenen Faserstoff, so stellen sich allmählig neue Gerinnungen ein, und wenn der neuentstandene Faserstoff ebenfalls entfernt wird, wiederholt sich derselbe Vorgang u. s. w. In dieser Weise können mehrere Tage zu einer erschöpfenden Faserstoffgerinnung erforderlich werden und man läuft dabei immer Gefahr, dass die Versuchsflüssigkeit in Fäulniss übergeht, bevor noch alles Fibrin ausgeschieden worden. Man könnte meinen, dass diesem Übelstande leicht durch einen sehr reichlichen Zusatz von Fermentlösung abgeholfen werden könnte, aber dies ist nicht — wenigstens nicht immer — der Fall. Durch starkes Verdünnen von einer Hydroceleflüssigkeit, selbst wenn es mit einer Fermentlösung geschieht, gerinnt nämlich der Faserstoff oft zu kleineren, lockeren Flöckchen, welche nur schwierig ohne Verluste aufgesammelt und quantitativ bestimmt werden können. In einigen Fällen — wenn bei einem geringen Gehalte der Flüssigkeit an fibrinbildender Substanz die Verdünnung durch die Fermentlösung eine ziemlich starke ist — erhält man sogar nur einen flockigen Niederschlag, von dem kaum anzugeben ist, ob er überhaupt aus Fibrin bestehe. Wenn dagegen die Hydroceleflüssigkeit eine reichlichere Fibrinmenge liefert, kann die Gerinnungszeit ohne Schaden durch Zusatz von einer grösseren Menge der Fermentlösung abgekürzt werden.

In der Mehrzahl der Fälle liefern indessen nach meiner Erfahrung die Hydroceleflüssigkeiten — wie es auch aus den Tabellen *1* *2* und *3* ersichtlich wird — nur eine geringe Faserstoffmenge, und aus diesem Grunde setzte ich im Allgemeinen nur eine mässige Fermentmenge zu. Wenn nach Verlauf von einigen Tagen die Gerinnung dem Anscheine nach vollständig abgelaufen war, wurde die Vollständigkeit der Gerinnung in folgender Weise controlirt. Von den Versuchsflüssigkeiten wurden kleine Proben herausgenommen und nach Zusatz von mehr Fermentlösung bei Stubenwärme aufbewahrt, während die Hauptflüssigkeiten in der Kälte aufbewahrt wurden. Wenn nach Verlauf von 24 Stunden in den kleinen

Digitized by Google

Proben kein Faserstoff sich gebildet hatte, wurde der Versuch als beendigt angesehen; widrigenfalls wurden die kleinen Proben, sobald in ihnen eine Gerinnung sichtbar wurde, mit den Hauptflüssigkeiten wieder vereinigt, mehr Fermentlösung zugesetzt und die Versuchsflüssigkeiten in einem nicht geheitzten Zimmer aufbewahrt, bis nach Verlauf von einigen Tagen, während welcher sich etwas neues Fibrin gebildet hatte, neue Proben von den Versuchsflüssigkeiten bei Zusatz von mehr Fermentlösung bei Stubenwärme nicht mehr gerannen. Wenn also weder in der $CaCl_2$-haltigen noch in der $CaCl_2$-freien (Controle-) Probe durch einen neuen Zusatz von Fermentlösung während 24 Stunden bei Zimmerwärme etwas neues Fibrin sich gebildet hatte, wurde zu der quantitativen Bestimmung des Faserstoffes geschritten.

Sämmtliche Versuche wurden bei Stubenwärme ausgeführt, und diese Bemerkung gilt nicht nur den in der folgenden Tabelle enthaltenen, sondern allen in dieser Abhandlung angeführten Versuchen. Die Mehrzahl dieser Versuche wurde während der Wintermonate (November—April) ausgeführt, und die Temperatur des Arbeitszimmers schwankte darunter zwischen + 11 à + 16° Celsii. Wegen des grossen Einflusses der Temperatur auf die Gerinnungszeit sind also die Versuche in Bezug auf diese letztere mit einander nicht vergleichbar; dagegen wurden selbstverständlich in jedem einzelnen Versuche sämmtliche Proben in möglichst gleichartiger Weise behandelt, und diese können also auch in Bezug auf die Gerinnungszeit mit einander verglichen werden. Da eine erschöpfende Gerinnung oft erst nach mehreren Tagen stattgefunden hatte, gebe ich, um die Einwirkung des $CaCl_2$:s auf die Gerinnungsgeschwindigkeit zu zeigen, in der Tabelle nur die Zeit der beginnenden Gerinnung an.

Durch den Umstand, dass sämmtliche hier angeführten Versuche mit Hydroceleflüssigkeiten im Laufe des letzten, ungewöhnlich strengen Winters ausgeführt wurden, war es ziemlich leicht, trotz der oft nicht unbedeutenden Dauer der Versuche der Fäulniss vollständig vorzubeugen. In dieser Abhandlung werden auch keine Versuche angeführt, in welchen nicht jede Zersetzung der Versuchsflüssigkeiten durch Fäulniss mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnte.

Zu diesen Bemerkungen, deren vielleicht zu detaillirte Beschaffenheit in der Wichtigkeit des Gegenstandes hoffentlich ihre Berechtigung finden wird, will ich nur noch hinzufügen, dass sämmtliche Flüssigkeiten erst nach vorhergegangener Filtration in Arbeit genommen wurden. Die Pleuraflüssigkeit, welche ich erst 24 Stunden, nachdem sie durch Punction entleert worden, erhielt, war schon theilweise geronnen und sie enthielt eine nicht unbedeutende Menge ausgeschiedenen Faserstoffes.

Digitized by Google

Die Resultate möchten übrigens durch die folgende Tabelle ohne weitere Erklärungen verständlich werden.

Tab. I.

N:o	Zusammensetzung der Versuchsflüssigkeit.	Proc.-Gehalt der Versuchsflüssigkeit an $CaCl_2$.	Zeit der beginnenden Gerinnung.	Gewichtsmenge des ausgeschiedenen Faserstoffes in Grm.
1.	α) 35 Cc Hydroceleflüssigkeit 2 Cc $CaCl_2$-Lösung 13 Cc Fermentlösung	0,276 % $CaCl_2$	Nach Verlauf von 23 Minuten enthielt die Flüssigkeit ein grosses Coagulum.	0,089 Gm
	β) 35 Cc Hydroceleflüssigkeit 2 Cc Wasser 13 Cc Fermentlösung	0,000 % $CaCl_2$	Innerhalb 2 Stunden keine Fibrinbildung. Während der Nacht trat die Gerinnung ein.	0,050 Gm
2.	α) 80 Cc Hydroceleflüssigkeit 2 Cc $CaCl_2$-Lösung 40 Cc Fermentlösung	0,113 % $CaCl_2$	Nach Verlauf von 35 Minuten trat die Gerinnung auf.	0,057 Gm
	β) 80 Cc Hydroceleflüssigkeit 2 Cc Wasser 40 Cc Fermentlösung	0,000 % $CaCl_2$	Nach Verlauf von 1 St. 38 Min. trat die Gerinnung auf.	0,027 Gm
3.	α) 200 Cc Pleuraflüssigkeit 12 Cc NaCl-Lösung (6,6% NaCl) *) 10 Cc $CaCl_2$-Lösung 50 Cc Fermentlösung	0,253 % $CaCl_2$	Nach Verlauf von 5 St. 20 Min. trat die Gerinnung auf.	0,102 Gm
	β) 200 Cc Pleuraflüssigkeit 12 Cc NaCl-Lösung (6,6% NaCl) 10 Cc Wasser 50 Cc Fermentlösung	0,000 % $CaCl_2$	Innerhalb 6 St. keine Fibrinbildung. Die Gerinnung trat während der Nacht auf.	0,016 Gm
4.	α) 100 Cc Hydroceleflüssigkeit 8 Cc $CaCl_2$-Lösung 60 Cc Fermentlösung	0,328 % $CaCl_2$	Innerhalb 7 St. keine Fibrinbildung. Gerinnung während der Nacht.	0,047 Gm
	β) 100 Cc Hydroceleflüssigkeit 2 Cc $CaCl_2$-Lösung 6 Cc Wasser 60 Cc Fermentlösung	0,082 % $CaCl_2$	Gerinnung während der Nacht.	0,020 Gm
	γ) 100 Cc Hydroceleflüssigkeit 8 Cc Wasser 60 Cc Fermentlösung	0,000 % $CaCl_2$	Nach Verlauf von 72 Stunden war noch keine Gerinnung sichtbar.	0,000 Gm

*) Gleichzeitig mit diesem Versuche wurde auch mit derselben Pleuraflüssigkeit der Versuch 2, Tab. 2, mit Paraglobulin und Casein in NaCl-Lösung angestellt, und dies ist der Grund, warum die beiden Proben in dem Versuche 3, Tab. I, mit NaCl-Lösung versetzt wurden.

Digitized by Google

N.o	Zusammensetzung der Versuchsflüssigkeit.	Proc.-Gehalt der Versuchsflüssigkeit an $CaCl_2$.	Zeit der beginnenden Gerinnung.	Gewichtsmenge des ausgeschiedenen Faserstoffes in Grm.
5.	α) 150 Cc Hydroceleflüssigkeit 15 Cc $CaCl_2$-Lösung 45 Cc Wasser 90 Cc Fermentlösung	0,500 % $CaCl_2$	Nach Verlauf von 1 St. 5 Min. trat die Gerinnung auf.	0,070 Gm
	β) 150 Cc Hydroceleflüssigkeit 1,5 Cc $CaCl_2$-Lösung 58,5 Cc Wasser 90 Cc Fermentlösung	0,050 % $CaCl_2$	Nach Verlauf von etwa 2 St. 15 Min. trat die Gerinnung auf.	0,039 Gm
	γ) 150 Cc Hydroceleflüssigkeit 60 Cc Wasser 90 Cc Fermentlösung	0,000 % $CaCl_2$	Nach Verlauf von etwa 2 St. 30 Min. trat die Gerinnung auf.	0,036 Gm
	δ) 150 Cc Hydroceleflüssigkeit 60 Cc $CaCl_2$-Lösung 90 Cc Fermentlösung	2,000 % $CaCl_2$	Keine Gerinnung innerhalb 96 Stunden.	0,000 Gm

Überblicken wir die in der Tabelle dargelegten Resultate, so finden wir sogleich eine sehr grosse Übereinstimmung zwischen der Einwirkung des Paraglobulins und des Chlorcalciums auf die Gerinnung. Nach den Angaben von SCHMIDT soll nämlich durch Zusatz eines Gemenges von Ferment und fibrinoplastischer Substanz eine ungemein grössere Fibrinmenge erhalten werden, als durch Zusatz von dem Fermente allein; und eine ganz analoge Wirkung übt, wie wir gesehen haben, das $CaCl_2$ aus. Abgesehen von der gerinnungsbeschleunigenden Einwirkung dieses Salzes geht es nämlich aus der Tabelle hervor, einerseits, dass durch einen Zusatz von $CaCl_2$ ein Zuwachs an Faserstoff erzeugt wird, und andererseits, dass dieser Zuwachs mit einem steigenden Gehalte der Flüssigkeit an diesem Salze vergrössert werden kann. Das letztere gilt wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, denn aus dem Versuche N:o 5 (δ) geht es hervor, dass die Gerinnung einer Hydroceleflüssigkeit durch einen Zusatz von 2 % $CaCl_2$ sogar vollständig aufgehoben werden kann, ein Verhalten, welches auf der gerinnungshemmenden Einwirkung der Salze beruht und auf welches wir später etwas näher eingehen werden.

Nach einer Angabe von AL. SCHMIDT [1]) ist es ihm gelungen durch einen genügenden Zusatz von fibrinoplastischer Substanz die Faserstoffausbeute aus fermentarmen oder fermentfreien Transsudaten auf das Sechsfache von

[1]) *Plügers Archiv. Bd. 9.*

Digitized by Google

derjenigen Menge zu bringen, welche dieselben Flüssigkeiten an und für sich oder nach blossem Fermentzusatz, bei vollkommen erschöpfender Gerinnung, lieferten, und genau dasselbe Resultat kann, wie uns der Versuch N:o 3 (Tab. I) lehrt, durch einen mässigen Zusatz von $CaCl_2$ erreicht werden. In dem angeführten Versuche wurde nämlich in einer und derselben Flüssigkeit durch Zusatz von 0,253 % $CaCl_2$ reichlich sechsmal mehr Fibrin gewonnen, als sie ohne einen derartigen Zusatz lieferte.

Als einen der schlagendsten Beweise für die Nothwendigkeit des Paraglobulins bei der Faserstoffgerinnung habe ich schon oben nach AL. SCHMIDT [1]) hervorgehoben, dass es gewisse Hydroceleflüssigkeiten giebt, welche nicht mit dem Fermente allein, sondern erst durch Zusatz eines Gemenges von fibrinoplastischer Substanz und Ferment gerinnen. Eine derartige Hydroceleflüssigkeit ist die zu dem Versuche N:o 4 (Tab. I) verwendete, und es ist sehr bemerkenswerth, dass gerade in diesem Versuche nicht nur die Faserstoffgerinnung bei Anwesenheit von $CaCl_2$ von Statten ging, sondern auch, dass die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes mit einem steigenden $CaCl_2$-Gehalte vermehrt gefunden wurde. Es ist also auch in dieser Hinsicht eine grosse Übereinstimmung zwischen der Einwirkung des Paraglobulins und des Chlorcalciums auf die Faserstoffgerinnung vorhanden.

Abgesehen von den nun angeführten, quantitativen, Versuchen habe ich den Einfluss des $CaCl_2$:s auf die Gerinnung der Hydroceleflüssigkeiten in noch *23* Fällen geprüft. Die Resultate waren die folgenden. In *16* Fällen wurde eine sehr deutliche Einwirkung auf die Gerinnungszeit und die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes beobachtet; in *7* Fällen dagegen konnte ein deutlicher Zuwachs an Faserstoff nicht bemerkt werden. In *4* von diesen 7 Flüssigkeiten konnte die Gerinnung überhaupt in keiner Weise, weder durch Ferment noch durch Paraglobulin oder Serum, eingeleitet werden, während die *3* übrigen schon durch Zusatz von dem Fermente allein gerannen. Bemerkenswerth ist es, dass gegenüber diesen 3 Flüssigkeiten nicht nur das $CaCl_2$ sondern auch das Paraglobulin als völlig unvirksam sich erwies. Ebensowenig wie das $CaCl_2$ in den 3 letztgenannten Flüssigkeiten einen sichtbaren Einfluss auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes ausübte, konnte nämlich in ihnen durch Zusatz von fibrinoplastischer Substanz ein, qualitativ oder quantitativ (hierher gehören die Versuche *4* und *5*, Tab. *2*), nachweisbarer Zuwachs an Fibrin erzeugt werden.

Bisher habe ich keine Flüssigkeit beobachtet, gegen welche das $CaCl_2$ als unwirksam sich erwies, während das Paraglobulin in ihr einen

[1]) *Pflügers Archiv Bd. 6.*

Digitized by Google

merkbaren Zuwachs an Fibrin erzeugte. Indessen kann — in Anbetracht der sehr wechselnden Zusammensetzung der Hydroceleflüssigkeiten — die Möglichkeit, dass derartige Ausnahmefälle wirklich vorkommen können, nicht abgewiesen werden, und für diese Möglichkeit spricht sogar der Umstand, dass ich einige Hydroceleflüssigkeiten beobachtet habe, in welchen das Paraglobulin einen dem Anscheine nach unzweifelhaft grösseren Zuwachs an Fibrin, als das $CaCl_2$ erzeugte. Aber, selbst wenn es derartige Ausnahmefälle gäbe, und wenn das $CaCl_2$ überhaupt, quantitativ, von einem geringeren Einflusse auf die Faserstoffgerinnung als das Paraglobulin wäre, kann es doch nach den oben angeführten Beobachtungen nicht geläugnet werden, dass in Bezug auf die Faserstoffgerinnung eine sehr unerwartete und auffallende Übereinstimmung zwischen den Wirkungen des Chlorcalciums und des Paraglobulins obwaltet. Es könnte also dem $CaCl_2$ vielleicht mit ebendemselben Rechte der Name "fibrinoplastische Substanz" gegeben werden.

Auf die Frage nach der Wirkungsweise des $CaCl_2$:s bei der Gerinnung werde ich später etwas näher eingehen, und es möchte wohl kaum nöthig sein daran zu erinnern, dass in sämmtlichen, in der Tabelle angeführten, Versuchen das Fibrin in den $CaCl_2$-haltigen Proben als aschefreies angegeben worden. Die durch Zusatz von $CaCl_2$ erzeugte Gewichtsvermehrung des Faserstoffes, kann also nicht von einer Verunreinigung mit Mineralbestandtheilen (Kalksalzen) herrühren; und da es selbstverständlich ist, dass ein Salz, (das $CaCl_2$) — wenn der Faserstoff als das Produkt einer chemischen Vereinigung zweier Eiweisskörper, des Paraglobulins und des Fibrinogens, anzusehen wäre — unmöglich den einen dieser Eiweisskörper in der chemischen Verbindung vertreten kann, wird es schon aus der unzweifelhaften Einwirkung des Chlorcalciums auf die Gewichtsmenge des Faserstoffes höchst unwahrscheinlich, dass die fibrinoplastische Substanz (das Paraglobulin) mit dem Fibrinogen eine Verbindung eingehe. Es muss vielmehr diese Substanz in einer ganz anderen Weise bei der Faserstoffgerinnung sich betheiligen.

Nachdem durch die eben angeführten Untersuchungen gezeigt worden, dass das $CaCl_2$ eine unzweifelhaft fibrinsplastische Wirkung auszuüben im Stande ist, lag die Annahme nahe, dass es auch andere Stoffe gäbe, welche eine gleichartige Wirkung ausüben könnten, und vor Allem war es dabei wichtig nachzuforschen, in welcher Weise andere Eiweisstoffe gegenüber der Faserstoffgerinnung sich verhielten. Geht man nämlich von der Annahme aus, dass der Faserstoff durch eine chemische Verbindung zwischen dem Paraglobulin und dem Fibrinogen entstehe, so ist es wohl kaum möglich anzunehmen, dass die fibrinoplastische Substanz durch irgend einen

Digitized by Google

anderen, von ihr wesentlich verschiedenen Eiweisskörper vertreten werden könne, und wenn es nun nichts destoweniger bei einer experimentellen Prüfung sich herausstellen würde, dass ein derartiger Austausch doch möglich sei, könnte man wohl kaum mehr bei der SCHMIDT'schen Hypothese festhalten.

Von dieser Voraussetzung ausgehend stellte ich demnächst einige Versuche an, welche zum Zwecke hatten, die Einwirkung anderer Eiweisskörper auf die Faserstoffgerinnung zu prüfen. Der Eiweisskörper, dessen Bedeutung ich vor Allem zu erforschen mich bestrebte, war, aus Gründen, welche etwas später dargelegt werden sollen, das Casein.

§. 3. *Ueber die Einwirkung des Caseins auf die Faserstoffgerinnung*

Um das Casein aus der Milch rein darzustellen, verfuhr ich in der von mir schon früher [1]) — in meiner 2:ten Abhandlung über die Gerinnung des Caseins mit Lab — angegebenen Weise. Die Milch, mit 9 Vol. Wasser verdünnt, wurde mit Essigsäure gefällt. Der Niederschlag, auf ein Filtrum gesammelt, wurde mit Wasser genau gewaschen, unter Wasser fein zerrieben, wieder gewaschen und zuletzt unter Zusatz von einer möglichst geringen Menge einer verdünnten Natronlauge in Wasser gelöst. Die so gewonnene, stark trübe, milchähnliche Flüssigkeit filtrirte ich durch mehrfache Filtren und erhielt so, durch Zurückgiessen der ersten, nicht klar durchgegangenen Portionen, ein nur schwach opalisirendes Filtrat. Dieses wurde mit Essigsäure wiederum gefällt, der Niederschlag — in obengenannter Weise mit Wasser gewaschen — in Wasser unter Zusatz von möglichst wenig Alkali gelöst, und in dieser Weire, durch dreimaliges Ausfällen und Wiederauflösen des Niederschlages, eine, bis auf Spuren von Fett reine Lösung von milchzuckerfreiem Casein erhalten. Das aus dieser Lösung mit Essigsäure niedergeschlagene Casein wurde unter Wasser möglichst fein zerrieben, sorgfältig gewaschen und zuletzt, in Wasser fein vertheilt, den Hydroceleflüssigkeiten zugesetzt.

Die Resultate der mit Casein ausgeführten Versuche entsprachen nicht meinen Erwartungen. In keinem einzigen Versuche konnte ich eine beschleunigende Einwirkung auf die Gerinnung oder einen Zuwachs an Fibrin nach Zusatz von Casein beobachten, und es hatte vielmehr in einigen Versuchen den Anschein, als werde die Faserstoffgerinnung durch einen Zusatz von Casein bedeutend verzögert.

---

[1]) *Upsala Läkareförenings Förhandlingar Bd. 9.* auch *Malys Jahresbericht* (über das Jahr 1874.)

Digitized by Google

Durch diese Versuche war es indessen nicht bewiesen, dass die fibrinoplastische Substanz durch andere Eiweisskörper nicht zu ersetzen wäre, denn die beiden Eiweisskörper, das Casein und das Paraglobulin, unterscheiden sich in mehreren Hinsichten wesentlich von einander und sie haben nicht dieselben Löslichkeitsverhältnisse. Das Paraglobulin löst sich bekanntlich überaus leicht in sehr verdünnten Salzlösungen, während das durch eine Säure niedergeschlagene Casein in ihnen allerdings nicht ganz unlöslich, aber jedenfalls nur sehr schwerlöslich ist. Da nun auf Grund mehrerer Beobachtungen, der Gedanke auf mich sich gedrängt hatte, dass gerade die leichte Löslichkeit des Paraglobulins in Salzen für die Faserstoffgerinnung von Bedeutung wäre, war es höchst wichtig zu erforschen, ob nicht vielleicht auch das Casein, wenn dessen Löslichkeitsverhältnisse zur Übereinstimmung mit denjenigen des Paraglobulins geändert worden, einen merkbaren Einfluss auf die Faserstoffgerinnung ausüben könnte.

Es kam also zunächst darauf an zu erforschen, ob es überhaupt möglich sei, die Löslichkeitsverhältnisse des Caseins in der Weise zu verändern, dass der genannte Eiweisskörper — ohne seine charakteristischen Eigenschaften einzubüssen — in Salzen ebenso löslich als das Paraglobulin werde.

Die Möglichkeit einer derartigen Umwandlung konnte nicht ohne weiteres abgewiesen werden, und sie wurde im Gegentheil sehr wahrscheinlich, nachdem HEYNSIUS gezeigt hatte, dass ein dem Casein ziemlich nahe verwandter Eiweisskörper, das Alkalialbuminat, in einen paraglobulinähnlichen Körper verwandelt werden konnte. In einer — nach meiner Ansicht zu wenig beachteten — Abhandlung [1]) sprach nämlich HEYNSIUS schon vor mehreren Jahren die Ansicht aus, dass die Leichtlöslichkeit dem Paraglobulin an und für sich nicht eigenthümlich sei, sondern von beigemischten Salzen, vielleicht auch von anderen Stoffen, herrühre. Unter den Beobachtungen, welche ihn zu dieser Ansicht führten, mag es erlaubt sein hier die folgende anzuführen. Kuhserum wurde mit 10 Vol. Wasser verdünnt, durch Kohlensäure vom Paraglobulin befreit, und die abfiltrirte Flüssigkeit durch Verdampfen bei 40° auf ihr ursprüngliches Maass zurückgeführt. Zu dieser Flüssigkeit, in welcher, wenn sie rein abfiltrirt war, bei wiederholter Verdünnung mit 10 Vol. Wasser, durch Kohlensäure kein, oder doch nur ein unbedeutender Niederschlag erzeugt wurde, setzte er eine Lösung von Kalialbuminat und leitete, nach dem Verdünnen mit 10 Vol. Wasser, Kohlensäure hindurch. Dadurch entstand ein Niederschlag, welcher, nach dem

[1]) Ueber die Eiweisskörper des Blutes. *Pflügers Archiv. Zweiter Jahrgang.*

Digitized by Google

Filtriren, in Wasser vertheilt durch einen Strom reinen Sauerstoffs oder Wasserstoffs vollkommen gelöst wurde und in Salzlösungen ebenfalls leicht löslich war. Durch Verunreinigung mit irgend einem, oder vielleicht mit mehreren Bestandtheilen des Serums war also das Kalialbuminat in einen — in Bezug auf die Löslichkeitsverhältnisse — mit dem Paraglobulin übereinstimmenden Eiweisskörper übergeführt worden [1]).

In Anbetracht der sehr grossen Übereinstimmung, welche, hinsichtlich der Löslichkeitsverhältnisse, zwischen dem Kalialbuminat und dem Casein vorhanden ist, war es sehr wahrscheinlich, dass auch der letztgenannte Eiweisskörper, in paraglobulinfreiem Serum gelöst, in einen paraglobulinähnlichen Körper verwandelt werden könnte. Die Richtigkeit dieser Voraussetzung wurde auch durch den Versuch vollkommen bestätigt.

Ich verdünnte Pferdeblutserum mit 10 Vol. Wasser, schlug das Paraglobulin durch einen Kohlensäurestrom nieder, verdunstete im Vacuo über Schwefelsäure, bis das ursprüngliche Volumen wiedergewonnen wurde, und prüfte einen Theil des so erhaltenen, neuen Serums, nach vorhergegangener zehnfacher Verdünnung mit Wasser, durch Zusatz von Essigsäure. Dabei entstand nur eine sehr schwache Trübung, welche erst nach mehreren Stunden einen feinflockigen, in überschüssiger Essigsäure leicht löslichen, langsam zum Boden sich senkenden Niederschlag bildete. Der Rest des durch Verdunsten im Vacuo wiedergewonnenen Serums wurde mit einigen Cc einer reinen Caseinlösung vermischt und dann mit Essigsäure tropfenweise versetzt, bis ein ziemlich reichlicher, flockiger Niederschlag erhalten wurde. Dieser Niederschlag, welcher sich rasch zum Boden setzte und eine feste, etwas klebrige Masse bildete, löste sich ausserordentlich leicht und vollständig in einer sehr verdünnten NaCl-Lösung.

Wenn man sich erinnert, dass vor dem Zusatze von Casein durch Essigsäure nur eine schwache Trübung in dem Serum erzeugt wurde, kann es wohl kaum bezweifelt werden, dass der nach Zuzatz von Casein und Essigsäure entstandene Niederschlag, der Hauptmasse nach, aus dem letzteren Eiweisskörper bestand. Andererseits kann es aber auch nicht geläugnet werden, dass der Versuch in dieser Form nicht strenge beweisend ist, denn

---

[1]) In einem neuen Aufsatze: "Über die Eiweissverbindungen des Blutserums und des Hühnereiweisses", *Pflügers Archiv Bd. 9*, spricht sich HEYNSIUS noch entschiedener über die Identität von Paraglobulin und dem durch Einwirkung eines schwachen Alkalis dargestellten Alkalialbuminat aus. Dieser Aufsatz wurde mir indessen erst zugänglich, nachdem meine Untersuchungen fast abgeschlossen waren, und dies ist der Grund, warum ich mit dem von Ihm künstlich dargestellten, paraglobulinähnlichen Körper keine Versuche angestellt habe.

Digitized by Google

es fehlt der direkte, entscheidende Beweis für die Anwesenheit von Casein in dem Niederschlage.

Wenn ein Eiweisskörper durch Behandlung mit möglichst paraglobulinfreiem Serum in einen — hinsichtlich der Löslichkeitsverhältnisse — neuen, dem Paraglobulin verwandten, Eiweissstoff verwandelt wird, kann dies von einer der beiden folgenden Ursachen hergeleitet werden. Entweder wird der betreffende Eiweisskörper (Kalialbuminat oder Casein) durch die Einwirkung von irgend einem Bestandtheil des Serums wirklich verändert — und zwar in einen neuen Stoff, das Paraglobulin, verwandelt — oder er wird durch Behandlung mit paraglobulinfreiem Serum nicht wesentlich verändert, sondern nur mit einem Serumbestandtheil, oder vielleicht auch mit mehreren, verunreinigt und in Folge dessen nur in Bezug auf die Löslichkeitsverhältnisse verändert. Von diesen Möglichkeiten ist die letztgenannte die ungemein wahrscheinlichste; aber bevor wir weiter gehen können, muss doch ihre Richtigkeit über alle Zweifel erhoben werden. Wir können nämlich von der Einwirkung eines aus paraglobulinfreiem Serum niedergeschlagenen Eiweisskörpers auf die Faserstoffgerinnung erst dann sprechen, wenn wir gezeigt haben, dass der fragliche Niederschlag unzweifelhaft aus diesem Körper (in unserem Falle also aus wirklichem Casein) besteht.

Es ist nun leicht einzusehen, warum ich zu diesen Versuchen das Casein und nicht das Alkalialbuminat gewählt habe. Das Alkalialbuminat unterscheidet sich von dem Paraglobulin nur durch andere Löslichkeitsverhältnisse, und wenn die letzteren einmal zur Übereinstimmung mit denjenigen des Paraglobulins verändert worden, haben wir (vielleicht mit Ausnahme der fibrinoplastischen Wirksamkeit) kein Mittel mehr die beiden Stoffe zu unterscheiden. Ganz anders verhält es sich mit dem Casein. Dieser Eiweisskörper unterscheidet sich nicht nur von dem Paraglobulin sondern auch von den übrigen Eiweissstoffen dadurch, dass er, selbst bei Abwesenheit von Milchzucker, mit Lab gerinnen kann. Früher glaubte man ziemlich allgemein, dass der Käsestoff nur bei Anwesenheit von Milchzucker durch Lab zum Gerinnen gebracht werden könnte, und indiesem Verhalten wollte man einen Beweis für die Identität des Caseins und des Kalialbuminats sehen.

Dieser ziemlich verbreiteten Ansicht trat ich in *2* Aufsätzen[1]) entgegen, indem ich zeigte, dass eine milchzuckerhaltige Alkalialbuminatlösung

[1]) *Upsala Läkareförenings Förhandlingar Bd. 8 och 9* auch in *Malys Jahresbericht. Bd. 2 und 4.*

Digitized by Google

nur mit dem Labschleime oder einem Infuse der Magenschleimhaut, nicht aber mit dem reinen Fermente, gerinnt, während eine milchzuckerfreie Caseinlösung, wenn nur eine genügende Menge von Kalksalzen vorhanden ist, mit dem reinen Fermente innerhalb einiger Minuten zu einer festen Masse gesteht. So weit ich gefunden habe kann dagegen das Paraglobulin, bei Abwesenheit von Milchzucker, unter keinen Verhältnissen mit Lab gerinnen, und auf dieses verschiedenartige Verhalten fusst die Möglichkeit, über die Natur des Niederschlages sichere Aufschlüsse zu gewinnen.

Es musste also in jedem Versuche ein Theil des in dem paraglobulinfreien Serum entstandenen Niederschlages mit Lab auf Casein geprüft werden, während der Rest zu der eigentlichen Untersuchung verwendet wurde. Es war also nothwendig mit ziemlich grossen Flüssigkeitsmengen zu arbeiten, und ich konnte folglich nicht daran denken, die nach der Verdünnung mit Wasser und Ausfällung des Paraglobulius zurückgebliebene Flüssigkeit, welche oft einige Liter betrug, im Vacuo über Schwefelsäure oder bei Körperwärme auf das ursprüngliche Volumen zurückzuführen. Glücklicherweise ist dies auch gar nicht nöthig, denn die Resultate werden ebenso gut, wenn man — nachdem das Paraglobulin mit Essigsäure aus dem verdünnten Serum niedergeschlagen worden ist — das Zehntelserum direkt mit etwas mehr Essigsäure versetzt und darauf mit der Caseinlösung vermischt. Der entstandene Caseinniederschlag ist in Salzlösungen sehr leicht löslich.

Nachdem ich diese Beobachtung gemacht hatte, wurde die von mir eingeschlagene Methode die folgende. Pferdeblutserum (mit einem anderen Serum habe ich nicht gearbeitet) wurde mit 9 Vol. Wasser verdünnt, und durch Zusatz von Essigsäure — 3 à 4 Tropfen einer 25 %-tigen Essigsäure auf je 10 Cc des ursprünglichen oder auf je 100 Cc des verdünnten Serums — das Paraglobulin niedergeschlagen. Nachdem das angesäuerte Serum bei einer Temperatur von + 1 à + 2° Celsii während 24 Stunden ruhig gestanden hatte, trennte ich die Flüssigkeit durch Decantation vorsichtig von dem Niederschlage und filtrirte jene wiederholt — in der Kälte — durch mehrfache Filtern, bis ein wasserhelles Filtrat erhalten wurde. Dieses letztere wurde in folgender Weise geprüft. Eine abgemessene Portion, etwa 100 Cc, wurde mit einigen Cc der zu verwendenden Caseinlösung vermischt, und dann entweder 25-procentige Essigsäure tropfenweise, oder — noch besser — eine verdünntere, titrirte Essigsäure zugesetzt, bis ein Niederschlag von der Stärke des im Zehntelserum gewöhnlich entstehenden Paraglobulinniederschlages erhalten wurde. Nachdem also die für eine abgemessene Menge des Zehntelserums passende Menge Essigsäure und Caseinlösung gefunden

Digitized by Google

worden, wurde eine gleich grosse (etwa 100 Cc) Menge des Zehntelserums mit einer, der verbrauchten Caseinlösung entsprechenden Menge destillirten Wassers verdünnt und mit der gefundenen Essigsäuremenge versetzt. Die Probe blieb dabei wasserklar, und als Regel entsteht in ihr innerhalb 24 Stunden nicht die geringste Trübung. Würde die Probe dagegen nach einiger Zeit sich trüben, so ist es am besten das Zehntelserum gänzlich zu verwerfen, denn aus der Trübung entsteht erst sehr allmählig ein äusserst feinkörniger Niederschlag, welcher nur ausserordentlich langsam zum Boden sinkt und durch Filtration kaum zu entfernen ist. Wenn dagegen innerhalb 12 St. keine Trübung in dieser (Controle-) Probe sichtbar ist, wird der Rest des Zehntelserums genau gemessen und mit einer entsprechenden Menge Essigsäure und Caseinlösung versetzt. Der sogleich entstehende Niederschlag setzt sich gewöhnlich sehr rasch zum Boden und kann nach Verlauf von einigen Stunden — durch Decantation von der obenstehenden Flüssigkeit getrennt — auf ein Filtrum gesammelt und gewaschen werden.

Der so gewonnene Niederschlag, welcher, mit der Luft in Berührung, oft in eine klebrige Masse sich verwandelt, ist in NaCl-Lösung (1—7 % NaCl) leicht löslich und giebt damit eine entweder ganz klare oder, wenn die Lösung sehr reich an Stoff ist, opalisirende Flüssigkeit, welche beim Erhitzen ganz wie eine Lösung von Paraglobulin in NaCl gerinnt.

Es entsteht demnächst die Frage, ob dieser Niederschlag aus Casein oder aus Paraglobulin bestehe. Dass das Zehntelserum keine Spuren von Paraglobulin enthalten habe, wage ich nicht zu behaupten, denn wenn ein Theil des mit Essigsäure sich nicht trübenden Zehntelserums mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnt wurde, entstand ohne Ausnahme innerhalb 12—24 Stunden eine schwache Trübung, oder die Flüssigkeit wurde wenigstens schwach opalisirend. Aber diese Trübung in dem 20-fach verdünnten Serum ist, selbst wenn sie von etwas Paraglobulin herrührte, für unsere Frage ohne Bedeutung, denn in dem Zehntelserum konnte, in den gelungenen Versuchen, innerhalb 12—24 Stunden durch Zusatz von Essigsäure keine sichtbare Trübung erzeugt werden.

Es konnte also der Niederschlag höchstens verschwindend kleine Spuren von Paraglobulin enthalten, und es blieb also nur übrig zu zeigen, ob er auch wirklich aus Casein bestände. Dieser Beweis konnte in folgender Weise ziemlich leicht geliefert werden. Der Niederschlag wurde in NaCl-haltigem Wasser gelöst, und zu dieser Lösung Essigsäure, bis zum Entstehen eines reichlichen Niederschlages, gesetzt. Der Niederschlag wurde zuerst mit Wasser gewaschen, dann in etwas Kalkwasser gelöst, und diese Lösung mit einer höchst verdünnten Phosphorsäure neutralisirt. Die neutrale,

Digitized by Google

milchig trübe Flüssigkeit gerann in der Wärme nicht von selbst; mit Labe versetzt gerann sie dagegen innerhalb einiger Minuten zu einer festen Masse.

Es ist also hierdurch der Beweis geliefert, dass der Käsestoff, wenn man ihn aus paraglobulinfreiem Serum mit Essigsäure niederschlägt, in Bezug auf die Löslichkeitsverhältnisse wesentlich verändert wird, und es fragt sich demnächst, wie dieser leichtlösliche Käsestoff gegenüber der Faserstoffgerinnung sich verhält.

Schon der erste Versuch, den ich anstellte, zeigte zur Genüge, dass der mit Serumbestandtheilen verunreinigte Käsestoff in ganz derselben Weise wie das Paraglobulin auf die Faserstoffgerinnung einwirken kann. Um diese Einwirkung zu zeigen, lege ich hier die Resultate einiger quantitativen Versuche tabelarisch dar, und ich will hier nur bemerken, dass in diesen Versuchen der Faserstoff, welcher in den casein- oder paraglobulin-haltigen Proben erhalten wurde, nicht nur mit Wasser, sondern auch mit einer 5-procentigen NaCl-Lösung gewaschen wurde. Es war dies absolut nothwendig, denn der Faserstoff hat bekanntlich eine ausserordentlich grosse Fähigkeit andere Stoffe, wie das Paraglobulin und (wahrscheinlich) das Casein, während des Gerinnens einzuschliessen, und hierdurch fällt, wenn nicht mit NaCl-Lösung gewaschen wird, das Gewicht des ausgeschiedenen Faserstoffes etwas zu hoch aus. Übrigens wurden die Versuche in derselben Weise, wis die in der Tab. I enthaltenen, ausgeführt.

Tab. 2.

N:o	Zusammensetzung der Versuchsflüssigkeit.	Die Menge des Caseins.	Die Menge des Paraglobulins	Zeit der beginnenden Gerinnung.	Das Gewicht des Faserstoffes.
1.	*α*) 90 Cc Hydroceleflüssigkeit 10 Cc NaCl-Lösung (5 % NaCl) 50 Cc Fermentlösung	0,441 Gm.		Innerhalb 96 Stunden keine Gerinnung.	0,000 Gm.
	β) 90 Cc Hydroceleflüssigkeit 10 Cc einer Lösung v. Casein in NaCl (5% NaCl) 50 Cc Fermentlösung			Nach Verlauf von 3 Stunden trat eine unbedeutende Gerinnung ein.	0,045 Gm.

Digitized by Google

N:o	Zusammensetzung der Versuchsflüssigkeit.	Die Menge des Caseins.	Die Menge des Paraglobulins.	Zeit der beginnenden Gerinnung.	Das Gewicht des Faserstoffes.
2.	α) 200 Cc Pleuraflüssigkeit 12 Cc NaCl-Lösung (6,6 % NaCl) 10 Cc Wasser 50 Cc Fermentlösung			Innerhalb 6 Stunden kein Fibrin Die Gerinnung trat während der Nacht ein.	0,016 Gm.
	β) 200 Cc Pleuraflüssigkeit 12 Cc einer Lösung von Paraglobulin in NaCl (6,6 % NaCl) 10 Cc Wasser 50 Cc Fermentlösung		0.800 Gm.	Die Gerinnung trat innerhalb einer Stunde ein.	0,112 Gm.
	γ) 200 Cc Pleuraflüssigkeit 12 Cc einer Lösung von Casein in NaCl (6,6 % NaCl) 10 Cc Wasser 50 Cc Fermentlösung	0,780 Gm.		Die Flüssigkeit gerann in weniger als 4 Stunden.	0,116 Gm.
3.	α) 50 Cc Hydroceleflüssigkeit 10 Cc NaCl-Lösung (5 % NaCl) 20 Cc Fermentlösung			Nach Verlauf von 92 Stunden noch keine Gerinnung.	0,000 Gm.
	β) 50 Cc Hydroceleflüssigkeit 10 Cc einer Lösung von Paraglobulin in NaCl (5 % NaCl) 20 Cc Fermentlösung		0,300 Gm.	Nach Verlauf von 3 Stunden trat die Gerinnung ein.	0,052 Gm.
	γ) 50 Cc Hydroceleflüssigkeit 10 Cc einer Lösung von Casein in NaCl (5 % NaCl) 20 Cc Fermentlösung	0,340 Gm.		Nach Verlauf von 4½ Stunden trat die Gerinnung ein.	0,064 Gm.
4.	α) 100 Cc Hydroceleflüssigkeit 40 Cc NaCl-Lösung (2,5 % NaCl) 60 Cc Fermentlösung			Nach Verlauf von 5 Stunden keine Gerinnung. Während der Nacht trat die Gerinnung ein.	0,048 Gm.
	β) 100 Cc Hydroceleflüssigkeit 40 Cc einer Lösung von Paraglobulin in NaCl (2,5 % NaCl) 60 Cc Fermentlösung		0,800 Gm.	Die Gerinnung trat innerhalb 4 Stunden ein.	0,037 Gm.
	γ) 100 Cc Hydroceleflüssigkeit 40 Cc einer Lösung von Casein in NaCl (2,5 % NaCl) 60 Cc Fermentlösung	0,800 Gm.		Die Gerinnung trat nach Verlauf von etwa 4 Stunden ein.	0,045 Gm.

Digitized by Google

N:o	Zusammensetzung der Versuchsflüssigkeit.	Die Menge des Caseins	Die Menge des Paraglobulins.	Zeit der beginnenden Gerinnung.	Das Gewicht des Faserstoffes.
5.	α) 52 Cc Hydroceleflüssigkeit 13 Cc Wasser 20 Cc Fermentlösung			Fibringerinnung nach Verlauf von 3 Stunden.	0,084 Gm.
	β) 52 Cc Hydroceleflüssigkeit 20 Cc Wasser mit fein vertheiltem Paraglobulin 13 Cc Fermentlösung		0,360 Gm.	Fibringerinnung innerhalb 2 Stunden.	0,085 Gm.
	γ) 52 Cc Hydroceleflüssigkeit 13 Cc Wasser mit fein vertheiltem Casein 20 Cc Fermentlösung.	0,358 Gm.		Fibringerinnung nach Verlauf von etwa 2 Stunden.	0,085 Gm.
6.	α) 60 Cc Hydroceleflüssigkeit 15 Cc NaCl-Lösung (5 % NaCl) 40 Cc Fermentlösung			Nach Verlauf von etwa 23 Stunden trat eine schwache Gerinnung ein.	0,019 Gm.
	β) 60 Cc Hydroceleflüssigkeit 15 Cc einer Lösung von Casein in NaCl (5 % NaCl) 40 Cc Fermentlösung.	0,410 Gm.		Nach Verlauf von 2½ Stunden trat die Gerinnung ein.	0,064 Gm.

Die Übereinstimmung zwischen den Wirkungen des Paraglobulins und des Caseins auf die Faserstoffgerinnung ist, wie wir aus der Tabelle ersehen, eine sehr schlagende. Ein Zusatz von Paraglobulin zu einer Hydroceleflüssigkeit beschleunigt die Gerinnung höchst bedeutend, und in ganz derselben Weise wirkt das Casein. Diese Wirkung rührt wohl in beiden Fällen von einer Verunreinigung mit dem SCHMIDTschen Fibrinfermente her, und sie ist also von einer untergeordneten Bedeutung. Von einer grösseren Bedeutung ist dagegen die Einwirkung beider Eiweissstoffe auf die Menge des ausgeschiedenen Fibrins, und es ist sehr bemerkenswerth, dass in den beiden Versuchen, *4* und *5*, in welchen das Casein keine Wirkung ausübte, das Paraglobulin ebenfalls unwirksam war.

Dass die Menge des ausgeschiedenen Fibrins durch Zusatz von Casein eine bedeutende Vermehrung erfahren kann [1]), lehren uns die Versuche

[1]) Man könnte vielleicht glauben, dass der Käsestoff selbst, durch die Einwirkung irgend eines aus dem Serum niedergerissenen Fermentes, während des Versuches gerinne und dadurch die Gewichtsvermehrung des ausgeschiedenen Faserstoffes bedinge.

Digitized by Google

2 und *6;* und aus den beiden, noch übrigen, Versuchen, *1* und *3*, ersehen wir, dass in einer, mit der Fermentlösung allein nicht gerinnenden, Flüssigkeit durch Zusatz eines Gemisches von Casein und Ferment die Gerinnung eingeleitet werden kann. Die beiden von SCHMIDT beobachteten Einwirkungen auf die Gerinnung, welche als Beweise für die chemische Verbindung des Paraglobulins mit dem Fibrinogen hervorgehoben wurden, finden wir also in den Versuchen mit dem verunreinigten Casein wieder; und da Niemand daran denken kann, dass ein und derselbe Eiweisskörper, der Faserstoff, das eine Mahl aus einer Verbindung von Paraglobulin und Fibrinogen, das andere dagegen durch eine Verbindung des letzteren Eiweisskörpers mit dem Casein entstehen könnte, ist es wohl nunmehr kaum möglich bei der SCHMIDTschen Hypothese fest zu halten.

Während das mit Serumbestandtheilen verunreinigte Casein unzweifelhaft fibrinoplastisch wirksam ist, war in meinen Versuchen das reine Casein in dieser Hinsicht unwirksam. Wenn diese letztere Beobachtung bei einer fortgesetzten Untersuchung als etwas Constantes sich erweisen würde, musste man also annehmen, dass der Käsestoff entweder irgend einen, für die Faserstoffgerinnung nothwendigen, Serumbestandtheil mit niedergerissen habe, oder auch, dass er nur durch die veränderten Löslichkeitsverhältnisse fibrinoplastisch wirksam geworden sei. Die Wahl zwischen dieser Möglichkeiten ist allerdings keine leichte und wir werden später auf diese Frage etwas näher eingehen. Immer bleibt es doch eine sehr beachtenswerthe Thatsache, dass der Käsestoff, wenn er aus paraglobulinfreiem Serum niedergeschlagen wird, ganz neue Löslichkeitsverhältnisse erhält; und in Anbetracht der Wichtigkeit dieses Verhaltens müssen wir bei diesem Gegenstande noch etwas verweilen.

Nachdem ich gezeigt hatte, dass der in dem paraglobulinfreien Serum erzeugte Niederschlag aus wirklichem, mit Lab gerinnenden, Casein besteht, konnte nach meiner Ansicht die veränderte Löslichkeit am einfachsten durch die Annahme erklärt werden, dass der Käsestoff einen oder mehrere Serumbestandtheile mit niedergerissen hätte. In der That zeigen auch mehrere Umstände, dass es hier um eine Verunreinigung des Caseins sich handelt.

In dieser Hinsicht mag zuerst erwähnt werden, dass die Löslichkeit sowie die fibrinoplastische Wirkung des aus paraglobulinfreiem Serum niedergeschlagenen Caseins nicht immer gleich stark hervortreten, und die

---

Dies ist indessen, wie ich aus besonderen Versuchen ersehen habe, nicht der Fall. Eine in obengenannter Weise bereitete Lösung von Casein in NaCl kann bei Zimmerwärme beliebig lange aufbewahrt werden, und sie gerinnt nie.

Digitized by Google

beobachteten Unterschiede hängen unzweifelhaft von der ungleichen Reinheit des Niederschlages ab. Der aus Casein bestehende Niederschlag setzt sich leicht zum Boden und bildet dabei oft eine feste, klebrige Masse. Diese Klebrigkeit tritt oft noch deutlicher hervor, wenn das Casein auf ein Filtrum gesammelt wird, und es ist gar nicht ungewöhnlich, dass der Niederschlag dabei binnen einigen Stunden in eine schwach gelbliche, durchscheinende, klebrige, syrupöse Masse sich verwandelt hat. Er macht diese Verwandlung mit einer wechselnden Geschwindigkeit durch, und das Casein verhält sich also auch in dieser Hinsicht ganz so, wie das Paraglobulin. Dieser Eiweisskörper macht nämlich, wie SCHMIDT [1]) angegeben hat, auf dem Filtrum nach ein paar Tagen eine derartige Umwandlung durch, und ich habe mehrmals gesehen, dass diese Umwandlung — wie ich glaube je nach der verschiedenen Reinheit des Paraglobulins — mit einer wechselnden Geschwindigkeit, im Laufe von einigen Stunden oder Tagen, durchgemacht wird.

Der aus Casein bestehende Niederschlag ist bisweilen so zähe und klebrig, dass er auf dem Boden des Gefässes eine zähflüssige Schicht bildet, und in diesen Fällen, so wie auch wenn der Niederschlag auf dem Filtrum bald in eine syrupöse Masse übergeht, kann es von einem genauen Auswaschen des Niederschlages nicht die Rede sein. In diesen Fällen muss also das Casein als sehr unrein angesehen werden, und es ist bemerkenswerth, dass gerade in diesen Fällen die Löslichkeit in Salzen und mit ihr die fibrinoplastische Wirksamkeit am grössten gefunden wurden. Wenn das Casein dagegen einen feinen, nicht sehr klebrigen Niederschlag bildete, löste es sich allerdings etwas leichter in Salzen als das gewöhnliche Casein; aber die fibrinoplastische Wirksamkeit war eine geringere, und ich habe sogar Fälle beobachtet, in welchen eine derartige Wirkung gar nicht vorhanden war.

Aus diesen Beobachtungen ziehe ich den Schluss, dass die Leichtlöslichkeit sowie die fibrinoplastische Wirksamkeit des aus paraglobulinfreiem Serum niedergeschlagenen Caseins von Verunreinigungen herrühren muss. Die Natur des verunreinigenden Stoffes vermag ich, trotz einiger darauf gerichteten Untersuchungen, noch nicht sicher anzugeben, aber, wenn es mir möglich wird, werde ich ein anderes Mahl zu dieser Frage zurückkehren. Ich habe nämlich beobachtet, dass die Leichtlöslichkeit und die fibrinoplastische Wirkung des Niederschlages von mehreren Umständen, wie der Beschaffenheit des verwendeten Serums, der Menge der zugesetzten Säure,

[1]) *Pflügers Archiv Bd.* 6.

Digitized by Google

dem Verhältnisse zwischen Casein und Säure u. s. w., abhängig sind, und es ist also nothwendig, diese Fragen zum Gegenstande einer besonderen Untersuchung zu machen. Aus diesem Grunde möchte es auch wenig zweckmässig sein, auf meine, in Bezug auf diese Fragen, bisher angestellten, noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen so wie auf die übrigen Eigenschaften des verunreinigten Caseins hier etwas näher einzugehen; in dieser Abhandlung wollte ich nur den Beweis liefern, dass ein von dem Paraglobulin wesentlich verschiedener Eiweisskörper, das Casein, durch Verunreinigung mit Serumbestandtheilen gewisse Eigenschaften des ersteren annehmen kann.

Ich bin weit davon entfernt aus diesen Beobachtungen den Schluss zu ziehen, dass die fibrinoplastische Substanz (das Paraglobulin) kein besonderer Eiweisskörper, sondern nur ein durch Verunreinigung mit gewissen Serumbestandtheilen leichtlöslich gewordenes Alkalialbuminat ist. Ich will in dieser Abhandlung über diese Frage gar keine Ansicht aussprechen, denn die dazu nöthigen Untersuchungen und Erfahrungen fehlen noch, und ich will nicht die in der Lehre von den Eiweisskörpern des Blutserums schon herrschenden Schwierigkeiten durch unbewiesene Vermuthungen noch weiter vermehren. Dagegen kann ich nicht umhin, auf die Bedeutung der in Bezug auf das Casein gemachten Erfahrungen mit einigen Worten die Aufmerksamkeit zu lenken.

Bei dem Studium der Eiweissstoffe geht die physiologische Chemie gewöhnlich von dem Grundsatze aus, dass man so viel als möglich differenziren soll, und es ist vorzugsweise das Verhalten der verschiedenen Eiweissstoffe gegen Lösungs- und Fällungs-Mittel, auf welches Rücksicht genommen wird. Hierbei sieht man nicht selten geringe Unterschiede als sehr wesentliche an, und wenn man auf diesem Wege noch weiter geht, werden wir wahrscheinlich mit einer übergrossen Anzahl von Eiweissmodificationen bereichert werden, während gleichzeitig in die Lehre von den Eiweisskörpern eine grosse Verwirrung eingeführt wird. Die Frage, in wie weit diese verschiedenen Löslichkeitsverhältnisse von Nebenumständen, von Verunreinigungen mit anderen, vielleicht nur mechanisch mit niedergerissenen, mit Wasser nicht wegzuwaschenden, Stoffen abhängig sind, hat man dagegen nur selten in Angriff genommen; und doch lehrt die oben angeführte Beobachtung, dass die Eiweisskörper gerade von diesem Gesichtspunkte aus einer Untersuchung werth sind. Durch Verunreinigung mit Serumbestandtheilen ist nämlich ein Eiweisskörper, das Casein, welcher gewöhnlich als ein Albuminat aufgefasst wird, unzweifelhaft in einen globulinähnlichen Körper verwandelt worden, ohne seine hervorragendste Eigenthümlichkeit verloren zu haben. Diese Beobachtung kann für das Studium der

Digitized by Google

Eiweisskörper nicht ohne Bedeutung sein, und ich glaube, dass die, meines Wissens, zuerst von HEYNSIUS beobachtete, aber wie ich glaube zu wenig beachtete Veränderung gewisser Eiweisskörper durch Behandlung mit paraglobulinfreiem Serum gewiss einer eingehenderen Prüfung werth sein würde.

Nach diesem Abschweifen von dem eigentlichen Gegenstande wollen wir zu der Faserstoffgerinnung wiederkehren. Ich habe oben bemerkt, dass ich den aus Serum erhaltenen Niederschlag aus dem Grunde als paraglobulinfrei angesehen habe, weil das mit Caseinlösung noch nicht vermischte, paraglobulinfreie Zehntelserum mit Essigsäure versetzt, in den als gelungen anzusehenden Versuchen, nicht einmal die Spur eines Niederschlages gab. Es ist doch möglich, dass Andere diesen Beweis nicht gelten lassen, und da wir jedenfalls — so lange die das Casein verunreinigenden Stoffe noch unbekannt sind — die bisher gewonnenen Resultate nicht richtig beurtheilen können, war es höchst wichtig durch neue Versuche, wenn möglich, Aufschlüsse über die Faserstoffgerinnung zu gewinnen.

§ 4. *Über die Einwirkung der Neutralisation auf die Faserstoffgerinnung.*

Die Hydroceleflüssigkeiten reagiren stäts alkalisch, und nach einer alten Erfahrung wirken die Alkalien, wenn sie in grösserer Menge vorhanden sind, auf die Faserstoffgerinnung störend ein. Es war desshalb nicht ganz unwichtig zu erforschen, in welcher Weise die Neutralisation von den in diesen Flüssigkeiten vorhandenen, allerdings geringen, Alkalimengen auf die Faserstoffgerinnung einwirke könnte, und ich habe auch über diesen Gegenstand einige Versuche angestellt. Es stellte sich bei diesen Untersuchungen bald heraus, dass die Neutralisation in doppelter Weise wirksam ist; einerseits wird nämlich die Faserstoffgerinnung dadurch wesentlich beschleunigt und andererseits die Menge des ausgeschiedenen Fibrins bedeutend vermehrt. Diese beiden Wirkungen konnten schon im Voraus erwartet werden und, nachdem es durch die Untersuchungen von SCHMIDT bekannt geworden ist, dass die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes mit einem steigenden Gehalte an Alkali vermindert wird, könnte man vielleicht diese Versuche als ganz überflüssig betrachten. Indessen ist es, wenn wir später die Wirkungsweise des Paraglobulins zu erklären versuchen werden, ganz unmöglich die Wirkungen der Alkalien bei Seite zu lassen, und dieser Umstand mag entschuldigen, wenn ich hier die schon vorher bekannte Wirkung der Alkalien auf die Faserstoffgerinnung durch einige qvantitative Ver-

Digitized by Google

suche zeige. Die erhaltenen Resultate, welche, wie ich glaube, ohne Weiteres verständlich sind, lege ich hier tabellarisch dar.

Tab. 3.

N:o	Zusammensetzung der Versuchsflüssigkeit.	Zeit der beginnenden Gerinnung.	Gewichtsmenge des Faserstoffes in Grm.
1.	*α)* 170 Cc Pleuraflüssigkeit *von alkalischer Reaction* 50 Cc Fermentlösung	Nach Verlauf von 7 Stunden keine Gerinnung. Während der Nacht trat die Genung ein.	0,019 Gm.
	β) 170 Cc Pleuraflüssigkeit *mit HCl neutralisirt* 50 Cc Fermentlösung	Die Gerinnung trat innerhalb $1^1/_2$ Stunden ein.	0,073 Gm.
2.	*α)* 100 Cc Hydroceleflüssigkeit *von alkalischer Reaction* 100 Cc Fermentlösung	Die Gerinnung trat erst nach Verlauf von etwa 16 Stunden ein.	0,020 Gm.
	β) 100 Cc Hydroceleflüssigkeit mit H_2SO_4 *neutralisirt* 100 Cc Fermentlösung	Nach Verlauf von 3 Stunden trat die Gerinnung ein.	0,076 Gm.
3.	*α)* 70 Cc Hydroceleflüssigkeit *von alkalischer Reaction* 30 Cc Fermentlösung	Nach Verlauf von 48 Stunden keine Fibringerinnung.	0,000 Gm.
	β) 70 Cc Hydroceleflüssigkeit *mit* H_2SO_4 *neutralisirt* 30 Cc Fermentlösung	Fibringerinnung nach Verlauf von 1 St. 10 Min.	0,049 Gm.
4.	*α)* 80 Cc Hydroceleflüssigkeit *von alkalischer Reaction* 60 Cc Fermentlösung	Nach Verlauf von 30 St. trat eine schwache Gerinnung ein.	0,024 Gm.
	β) 80 Cc Hydroceleflüssigkeit *mit* H_2SO_4 *neutralisirt* 60 Cc Fermentlösung	Fibringerinnung nach Verlauf von 1 St. 20 Min.	0,090 Gm.
5.	*α)* 50 Cc Hydroceleflüssigkeit *von alkalischer Reaction* 25 Cc Fermentlösung	Die Gerinnung trat nach Verlauf von etwa 23 Stunden ein.	0,010 Gm.
	β) 50 Cc Hydroceleflüssigkeit *mit* H_2SO_4 *neutralisirt* 25 Cc Fermentlösung	Faserstoffgerinnung nach Verlauf von etwa 4 Stunden.	0,037 Gm.

Digitized by Google

Aus der Tabelle geht es also unzweideutig hervor, dass die Menge des ausgeschiedenen Fibrins durch die Neutralisation der Hydroceleflüssigkeiten bedeutend vermehrt werden kann. Es zeigte sich sogar (Versuch 3), dass eine Hydroceleflüssigkeit, welche mit der Fermentlösung allein gar kein Fibrin lieferte, nach dem Neutralisiren mit Schwefelsäure mit derselben Fermentlösung gerann. Dieselbe Einwirkung auf die Faserstoffgerinnung, welche der fibrinoplastischen Substanz eigenthümlich sein soll, tritt also nicht nur nach Zusatz von $CaCl_2$ oder unreinem Casein, sondern auch nach einfachem Neutralisiren der Hydroceleflüssigkeiten ein; und nach diesen Beobachtungen gehe ich wohl also kaum zu weit, wenn ich behaupte, dass die Einwirkung des Paraglobulins auf die Faserstoffgerinnung wahrscheinlich nicht in einer chemischen Verbindung der beiden Eiweissstoffe zu suchen sei.

Ich behaupte nur, dass die Hypothese von SCHMIDT durch meine Beobachtungen unwahrscheinlich geworden ist, aber es ist weit davon entfernt, dass ich sie hierdurch als widergelegt betrachten wollte. Nach der Ansicht von AL. SCHMIDT wirken die Alkalien in der Weise auf die Faserstoffgerinnung hemmend ein, dass sie die Verbindung des Paraglobulins mit dem Fibrinogen unmöglich machen, und wenn dieseAnsicht richtig ist, muss selbstverständlich nach der Neutralisation die Faserstoffgerinnung wieder möglich werden. Dieser Ansicht kann ich allerdings, aus Gründen, welche später dargelegt werden sollen, nicht beitreten, aber so lange diese Gründe noch nicht angeführt worden, ist die Ansicht von SCHMIDT ebenso gut, wie jede andere. Wenn wir also bis auf Weiteres annehmen, dass die Alkalien die chemische Vereinigung zwischen dem Paraglobulin und dem Fibrinogen verhindern können, so lässt es sich ja denken, dass in den Hydroceleflüssigkeiten auch andere hinderlichen Stoffe (Salze z. B.) vorhanden sein können, welche durch einen Zusatz von $CaCl_2$ oder unreinem Casein unwirksam gemacht werden. Es kann also die Hypothese von SCHMIDT durch die bisher angeführten Versuche nicht als widergelegt angesehen werden.

Das einzige wahre Bedenken, welches gegen die Hypothese von SCHMIDT geltend gemacht werden könnte, ist die Beobachtung, dass diejenigen Hydroceleflüssigkeiten, welche durch einen Zusatz von dem Fermente allein nicht gerinnen, durch einen Zusatz von $CaCl_2$ oder Casein sowie durch einfaches Neutralisiren zum Gerinnen gebracht werden können. Dieses Verhalten spricht entschieden gegen die Richtigkeit der SCHMIDT'schen Hypothese, denn diese Hydroceleflüssigkeiten enthalten, nach den Angaben von SCHMIDT, nur Fibrinogen aber kein Paraglobulin oder höchstens verschwindende Spuren davon. Wäre die Abwesenheit von Paraglobulin in diesen Flüssigkeiten strenge bewiesen, wäre damit auch die Unhaltbarkeit

Digitized by Google

der SCHMIDTschen Hypothese zur Genüge dargethan, aber ich glaube, dass ein derartiger Beweis noch nicht geliefert worden ist. Über die An- oder Abwesenheit von Paraglobulin in diesen Hydroceleflüssigkeiten sind, meines Wissens, noch keine entscheidende Untersuchungen angestellt worden, und die Annahme, dass diese Hydroceleflüssigkeiten kein Paraglobulin enthalten, ist nur aus der SCHMIDTschen Hypothese hergeleitet. SCHMIDT glaubt nämlich, dass zur Faserstoffgerinnung 3 Stoffe, das Fibrinogen, das Paraglobulin und das Ferment, erforderlich sind, und da nun gewisse Hydroceleflüssigkeiten, welche unzweifelhaft Fibrinogen enthalten, nicht mit dem Fermente allein, sondern erst mit dem Fermente und dem Paraglobulin gerinnen, zieht er daraus den Schluss, dass der letztgenannte Eiweisskörper bis auf Spuren, welche für die Faserstoffgerinnung ohne Bedeutung sind, in den fraglichen Hydroceleflüssigkeiten fehlen muss. Dieser Beweis ist doch nicht bindend, denn es wäre möglich — wenn wir fortwährend bei der SCHMIDTschen Hypothese festhalten — dass diese Flüssigkeiten eine für die Faserstoffgerinnung an und für sich genügende Paraglobulinmenge enthielten, dass aber diese Paraglobulinmenge im Verhältniss zu den Salzen und den Alkalien eine so geringe wäre, dass die chemische Vereinigung der beiden Eiweisskörper verhindert wurde. Unter diesen Verhältnissen musste die Faserstoffgerinnung auch eintreten, wenn man, wie es in SCHMIDTs Versuchen der Fall war, eine grössere Paraglobulinmenge zusetzte, oder, wie es in den meinigen Versuchen der Fall gewesen ist, die hemmenden Einflüsse durch Neutralisation, durch Zusatz von $CaCl_2$ oder von Casein unwirksam machte.

Die bisher gewonnenen Erfahrungen können also in verschiedener Weise gedeutet werden, und die Hypothese von SCHMIDT ist allerdings durch meine Untersuchungen unwahrscheinlich geworden, aber sie ist doch nicht als wiedergelegt anzusehen.

Wenn man zu den Untersuchungen über die Faserstoffgerinnung nur Plasma, Blut und seröse Flüssigkeiten verwendet, ist es auch nur wenig wahrscheinlich, dass man über das Wesen des Gerinnungsvorganges klare Kenntniss erlangen wird. Diese Flüssigkeiten enthalten nämlich eine Menge organischer und anorganischer Stoffe, von denen vielleicht mehrere eine, qualitativ und quantitativ, noch unbekannte Einwirkung auf die Faserstoffgerinnung ausüben können, und wegen dieser Menge von unbekannten Faktoren sind die mit diesen Flüssigkeiten gewonnenen Resultate nicht nur schwer zu deuten, sondern auch einander oft widersprechend. Man muss also einen anderen Weg einschlagen, und vor Allem wird es dabei nothwendig die 3 — nach der Ansicht von SCHMIDT — bei der Faserstoffgerin-

Digitized by Google

nung betheiligten Stoffe, das Fibrinogen, das Paraglobulin und das Ferment zu isoliren und in möglichst reinem Zustande darzustellen.

Bei dem gegenwärtigen Stande der Fibrinfrage muss also, meiner Meinung nach, die erste Aufgabe darin bestehen, das Fibrinogen wenn möglich zu isoliren und in grösserer Menge im reinen Zustande zu gewinnen, denn erst wenn diess gelungen ist wird es möglich werden über die Bedeutung des Paraglobulins für die Faserstoffgerinnung ein sicheres Urtheil zu fällen. Aus diesem Grunde habe ich auch mein Bestreben vorzugsweise dahin gerichtet, eine einfache und sichere Darstellungsmethode für das Fibrinogen ausfindig zu machen, und ich glaube, dass meine Bemühungen nicht ganz ohne Erfolg geblieben sind.

§ 5. *Über eine neue Methode zur Reindarstellung des Fibrinogens aus dem Blutplasma.*

Zur Reindarstellung des Fibrinogens eignen sich vielleicht am besten diejenigen Flüssigkeiten, welche Fibrinogen aber kein Paraglobulin enthalten. Aus diesen Flüssigkeiten kann das Fibrinogen in der von HOPPE-SEYLER, SCHMIDT und Anderen angegebenen Weise, durch Aussalzen, gewonnen werden; aber wenn auch diese Methode an und für sich — natürlich unter der Voraussetzung, dass die fraglichen Flüssigkeiten wirklich paraglobulinfreie sind — vorwurfsfrei ist, wird sie doch weniger brauchbar, weil, einerseits, derartige (Hydrocele)Flüssigkeiten nicht überall leicht in genügender Menge zu erhalten sind, und, andererseits, weil die aus ihnen gewonnenen Fibrinogenmengen meistens so unbedeutende sind, dass sie höchstens zu einigen qualitativen Versuchen genügen.

Will man das Fibrinogen in grösserer Menge darstellen — und diess ist für das Studium des Gerinnungsvorganges unbedingt nöthig — so muss man also von dem Blute, und zwar von dem Pferdeblutplasma, ausgehen.

Aus dem Pferdeblutplasma kann das Fibrinogen bekanntlich nach einer, zuerst von SCHMIDT[1]) angegebenen, Methode dargestellt werden. Man schlägt aus verdünntem Pferdeblutplasma das Paraglobulin mit einem Kohlensäurestrome nieder und fällt aus dem Filtrate das Fibrinogen entweder durch Zusatz eines Gemisches von 3 Th. Alkohol und 1 Th. Aether, oder auch durch weiteres Verdünnen und anhaltendes Durchleiten eines Kohlensäurestromes. Diese Methode ist nicht sehr brauchbar, denn, abgesehen davon

[1]) *Reicherts und Du Bois-Reymonds Archiv 1862.*

Digitized by Google

dass eine grössere Menge flüssigen Pferdeblutplasmas, nicht leicht beliebig oft herbeizuschaffen ist, giebt die Methode nur eine geringe Ausbeute; und endlich fehlt der entscheidende Beweis — wenn man nicht die Abwesenheit der fibrinoplastischen Wirkung als einen solchen gelten lässt — für die Abwesenheit des Paraglobulins in dem Niederschlage.

Diese letztere Bemerkung gilt auch einer anderen, zuerst von EICHWALD vorgeschlagenen Verfahrungsweise, welche ausserdem mit so vielen Schwierigkeiten verknüpft ist, dass sie wohl schwerlich eine allgemeine Verbreitung erhalten kann. Diese Methode, in Bezug auf welche auf die Originalabhandlung EICHWALDS [1]) verwiesen werden muss, basirt auf das ungleiche Verhalten des Paraglobulins und des Fibrinogens gegen eine gesättigte NaCl-Lösung. Eine Lösung von Paraglobulin wird von dem gleichen Volumen einer gesättigten NaCl-Lösung nicht gefällt, während in dem Blutplasma dadurch ein reichlicher Niederschlag erzeugt wird. Dieser Niederschlag ist, nach sorgfältigem Waschen mit NaCl-Lösung, in Wasser, obgleich langsam löslich, doch gerinnen diese Lösungen schnell und anscheinend von selbst. In Wasser löst sich der Niederschlag durch Zusatz von NaOH bis zu deutlich alkalischer Reaction zu einer, spontan nicht gerinnenden, Flüssigkeit, welche bei Neutralisation, selbst mit CO_2, bei gewönlicher Temperatur gerinnt.

Diesen Stoff nennt EICHWALD *"lösliches Fibrin"* und er sieht den Niederschlag als vollkommen paraglobulinfrei an. Wenn diese letztere Voraussetzung richtig ist, muss selbstverständlich die Hypothese von SCHMIDT durch diesen Versuch als widergelegt angesehen werden; aber ich glaube kaum, dass der Versuch als entscheidend angesehen werden kann.

Es ist allerdings richtig, dass weder das Serum noch eine reine Paraglobulinlösung durch Zusatz von NaCl-Saturation bis zur halben Sättigung gefällt wird; aber es wäre doch möglich, dass ein Plasma, welches wie es in den Versuchen von EICHWALD der Fall war, schon zu $^1/_6$ seines Volumens aus gesättigter Glaubersalzlösung besteht, in einer anderen Weise sich verhalte, oder es wäre auch denkbar, dass ein Theil des Paraglobulins von dem Fibrinogen ("löslichen Fibrin" EICHWALD) mit niedergerissen werde und durch das Waschen mit NaCl-Lösung nicht entfernt werden könne.

Der Umstand, dass in den Versuchen von EICHWALD partielle Faserstoffausscheidungen stattfanden oder nur durch sorgfältiges Abhalten der "fibrinoplastisch wirkenden" Kohlensäure verhindert werden konnten, während in den meinigen, nach einer etwas abweichenden Methode ausgeführten

[1]) *l. c.*

Digitized by Google

Versuchen keine Gerinnungen eintraten und die Kohlensäure der Luft als vollkomnen unschädlich, d. h. fibrinoplastisch unwirksam, sich erwies, macht es — in Anbetracht des Umstandes, dass die von mir dargestellten, neutralen Fibrinogenlösungen mit der Luft in Berührung nie spontan gerannen — sogar fraglich, ob der von EICHWALD niedergeschlagene Stoff wirklich das ursprüngliche und nicht vielmehr ein schon etwas verändertes Fibrinogen gewesen sei. Dass es wirklich ein verändertes Fibrinogen — man könnte es vielleicht "lösliches Fibrin" nennen — giebt, wird aus einigen, später anzuführenden Versuchen hervorgehen, und es lässt sich jedenfalls zeigen, dass man nach meiner Methode ein Fibrinogen erhalten kann, welches unzweifelhaft reiner als das von EICHWALD dargestellte ist.

Der Ausgangspunkt meiner Bemühungen, ein verhältnissmässig reines Fibrinogen zu gewinnen, bildete der so eben besprochene Versuch von EICHWALD, und meine Methode ist im Grunde keine andere, als die schon von Ihm angegebene. Der einzige, wesentliche Unterschied liegt einerseits darin, dass die Schwierigkeiten und Unannehmlichkeiten, welche den Werth der EICHWALDschen Methode so sehr beschränken, durch mein Verfahren beseitigt werden, und andererseits darin, dass ich ein reineres, von dem "löslichen Fibrin" (EICHWALDs) wesentlich abweichendes Fibrinogen erhalten habe.

Ich gehe nun zu einer Beschreibung der Methode über.

Um die Gerinnung zu verhindern, fange ich Pferdeblut in ein geräumiges Glasgefäss auf, welches zu $^1/_5$ seines Volumens mit einer bei Stubenwärme gesättigten Lösung von $MgSO_4$ gefüllt ist. Ich habe auch andere Salze versucht, aber kein besseres gefunden, und das nun angegebene Mengenverhältniss ist auch nach meinen bisherigen Erfahrungen für das sichere Gelingen des Versuches das beste. Das Blut kann direkt aus der Ader in das Glasgefäss gelassen werden, da man aber, wie es hier in *Upsala* der Fall ist, vielleicht nicht überall über Aderlasspferde genügend oft verfügen kann, will ich bemerken, dass es gar nicht nöthig ist, das Blut direkt aus der Ader aufzufangen. Nimmt man eine gesättigte Lösung von Bittersalz in dem oben angegebenen Mengenverhältnisse und lässt man beim Schlachten der Pferde das Blut in dickem Strahle in das Gefäss unter stätigem Umrühren hineinstürzen, so erhält man eine Blut-Salzmischung, welche wenigstens über 8 Tage flüssig erhalten werden kann. Das Abkühlen des Gefässes ist gar nicht nöthig, es sei denn, dass man während einer wärmeren Jahreszeit den Versuch anstellte.

Nach dieser Verfahrungsweise kann man auch von demselben Thiere eine bedeutend grössere Blutmenge als durch die Aderlass erhalten, und dieses Verfahren ist also von einem grossen Vortheil besonders an denjeni-

Digitized by Google

gen Orten, wo Pferde oft geschlachtet aber nur selten zur Ader gelassen werden.

Nachdem das Blut aufgesammelt worden ist, lässt man das Gemisch an einem mässig kühlen Orte, im Keller oder in einem nicht geheizten Zimmer stehen, damit die Blutkörperchen sich zum Boden setzen. Es ist dabei gar nicht nöthig besondere Vorsichtsmassregeln für das Abhalten der Kohlensäure zu beobachten; die Gefässe können mit Papier oder mit Glasscheiben bedeckt werden, um den Staub abzuhalten; aber das Verkorken und Versiegeln der Gefässe, wie es von EICHWALD vorgeschriben wird, sind ebenso überflüssig wie eine besondere Ventilation der Zimmer oder die Vornahme des Versuchs im Freien bei kühler Jahreszeit. Wenn nämlich das Aufsammeln des Blutes richtig ausgeführt und die oben angegebene Salzmenge genommen wird, wirkt die Kohlensäure der Luft so wenig "fibrinoplastisch", dass die Blut-Salzmischung 8 Tage in einem offenen Gefässe, in einem nicht geheizten Zimmer, stehen kann, ohne dass Spuren von Fibrin im Laufe von dieser Zeit entstehen.

Bei dem oben angegebenen Salzgehalte sinken indessen die Blutkörperchen bisweilen sehr langsam zum Boden, und es vergehen daher oft mehrere Tage, bevor eine grössere Plasmamenge erhalten wird. Die ganze Ausbeute an Plasma beträgt bisweilen nur $^1/_6$—$^1/_4$ des ganzen Gemisches, und ich ziehe es daher unbedingt vor, das Blut zu filtriren. Es ist nämlich schon seit lange bekannt, dass das Blut, nach Zusatz von einer Salzlösung, filtrirt werden kann, und durch Anwendung von der Filtration ist es mir auch mehrmals gelungen aus 3000—3300 Cc eines Blut-Salzgemisches, innerhalb 24—30 Stunden, 1800—2000 Cc des salzhaltigen Plasmas zu gewinnen.

Ich filtrire das Blut-Salz-Gemisch durch einfache Faltenfiltren (von einem dichten Papiere) welche mit einer 8-procentigen NaCl-Lösung befeuchtet werden, und ich erhalte in dieser Weise ein wasserhelles Filtrat, während die Blutkörperchen auf dem Filtrum bleiben. Wenn das Papier nicht dicht genug ist, gehen selbstverständlich die Blutkörperchen theilweise durch das Filtrum, aber in diesem Falle soll man nicht sogleich zu den mehrfachen Filtren übergehen. Diese werden nämlich bald verstopft, und es ist desshalb besser, wenn man das Filtrat etwas trübe durchgehen lässt und erst nachher durch ein doppeltes Filtrum von Neuem filtrirt. Die zweite Filtration geht gewöhnlich ziemlich rasch von Statten und sie giebt ein wasserhelles Filtrat.

Ich habe es vortheilhaft gefunden, die Trichter ziemlich gross zu nehmen, und ich gebrauche gewöhnlich einige, welche je etwa 600—700 Cc Flüssigkeit fassen. Die Filtration geschieht mit einer für das Blut ver-

Digitized by Google

schiedener Individuen ungleichen Geschwindigkeit, aber als Regel wird die Filtration, wenn man das Blutgemisch sehr rasch in Arbeit nimmt, sehr bald verlangsamt und binnen Kurzem stockt sie beinahe gänzlich. Man muss desshalb oft die Filtren wechseln, wenn man in kurzer Zeit eine grössere Plasmamenge haben will; aber ich habe es noch vortheilhafter gefunden, das Blutgemisch über eine Nacht auf dem Filtrum stehen zu lassen und erst am folgenden Tage die Filtren zu wechseln. Es geht allerdings während dieser Zeit nur wenig Flüssigkeit durch das Filtrum, aber eine Masse von Blutkörperchen senken sich und bilden eine an die Wand des Filtrums fest haftende, ziemlich dicke Schicht. Wenn man nun die Filtren wechselt, geht die Filtration bedeutend rascher von Statten, und wenn man das Wechseln der Filtren 3—4 Mal im Laufe des Tages wiederholt, kann man bisweilen am 2:ten Tage (wenn das ursprüngliche Gemisch 3000 Cc betrug) 1300—1600 Cc Filtrat gewinnen. Es ist also wenig vortheilhaft die Filtren am ersten Tage oft zu wechseln, denn erst am 2:ten Tage — oder richtiger, wenn das Gemisch längere Zeit auf dem Filtrum ruhig stehen blieb — geht die Filtration als Regel rasch von Statten.

Gleichzeitig beobachtet man auch eine zweite Eigenthümlichkeit. Das zuerst durchs Filtrum gegangene Plasma ist bernsteingelb mit einem Stiche ins Röthliche. In dem Masse aber, wie die Filtration weiter geht, wird die Farbe des Filtrates eine mehr röthliche, und die zuletzt durchgegangenen Portionen sind stark hæmoglobinhaltig. Den Grund dieses Verhaltens vermag ich nicht anzugeben. Vielleicht führt die grosse Salzmenge das Hæmoglobin allmählich aus den Blutkörperchen in Lösung über, denn durch noch grössere Salzmengen tritt diese Rothfärbung noch rascher auf. Indessen wird das Plasma gewöhnlich nicht so stark roth gefärbt, wenn man das Blut-Salzgemisch in einem Gefässe ruhig stehen lässt, und es ist also möglich, dass der nicht unbedeutende Druck der Blutmasse während der Filtration eine nicht unwesentliche Rolle bei dem Heraustreten des Hæmoglobins aus den Blutkörperchen spielen kann.

Die Ursache dieses Verhaltens lasse ich übrigens dahin gestellt sein; wichtig ist es, dass die Menge des Hæmoglobins in dem Filtrate ganz ohne Einfluss auf die folgenden Operationen ist, denn das Hämoglobin kann ohne Schwierigkeit so vollständig entfernt werden, dass die zuletzt gewonnene Fibrinogenlösung nicht die geringste Spur davon enthält.

Wenn durch Filtration, oder in anderer Weise, eine genügende Plasmamenge gewonnen worden ist, wird das Filtrat gemessen und mit dem gleichen Volumen einer gesättigten NaCl-Lösung versetzt. Die Flüssigkeit wird dabei sogleich etwas opalisirend oder schwach trübe und binnen Kurzem entsteht

Digitized by Google

ein reichlicher, feinflockiger Niederschlag. Dieser setzt sich nur langsam zum Boden oder steigt theilweise nach oben und geht dabei in einen mehr grobflockigen Neiderschlag über, welcher indessen nur geringe Neigung hat, zu grossen, lockeren, zusammenhängenden Massen sich zusammenzuziehen. Bisweilen nimmt doch der Niederschlag ein etwas faseriges oder mehr grobflockiges Aussehen an, aber schon bei der leisesten Umrührung gehen diese Flocken wiederum in einen sehr feinen Niederschlag über.

Hat man bei dem Aufsammeln des Blutes von der Magnesiumsulfatlösung etwas weniger, etwa $^1/_5$ von dem Volumen des Blutes, genommen, so hat der Niederschlag oft das von EICHWALD beschriebene Aussehen und er zieht sich oft zu ausserordentlich grossen, grobflockigen, zusammenhängenden, leicht zum Boden sinkenden oder nach oben aufsteigenden Massen zusammen. In dem ersteren Falle, wenn also der Niederschlag das oben angegebene, feinflockige Aussehen hat, kann man ganz sicher sein, dass der Versuch gelingen wird, in dem letzteren Falle dagegen, wenn er also das von EICHWALD beschriebene Aussehen hat, kann der Versuch mit ein wenig Vorsicht ebenfalls gelingen, aber der Stoff wird dabei oft zum Theil unlöslich, und wegen partieller Faserstoffgerinnungen wird die Ausbeute jedenfalls eine etwas geringere.

Das nun in Bezug auf das Verhalten des Niederschlages gesagte hat selbstverständlich keine unbedingte Giltigkeit, denn das Blut verschiedener Individuen verhält sich unzweifelhaft etwas verschiedenartig, und übrigens hängt viel von der Geschwindigkeit und der Präcision ab, mit welchen das Blut aufgesammelt wird. Nach meiner Erfahrung gilt indessen das oben angegebene Verhalten des Niederschlages als Regel, und ich nehme von der Magnesiumsulfatlösung nunmehr nicht weniger als $^1/_4$ von dem Volumen des aufzusammelnden Blutes [1]).

Der Niederschlag sinkt bisweilen so langsam zum Boden, dass er nicht innerhalb 24 Stunden sich vollständig abgesetzt hat, und oft bleibt eine so bedeutende Fibrinogenmenge in der Flüssigkeit vertheilt, dass die obenstehende Flüssigkeit nicht ohne bedeutende Verluste an Stoff durch Decantation abgehoben werden kann. Unter diesen Verhältnissen bleibt nichts Anderes übrig als die Flüssigkeit, so bald die Hauptmasse des Niederschlages zum Boden sich gesetzt hat, zu filtriren. Bevor diess geschieht, ist es doch gut durch einen Vorversuch sich davon zu überzeugen, dass der Niederschlag wirklich aus Fibrinogen und nicht vielleicht aus fein vertheiltem Fibrin besteht. Zu dem Ende rührt man in einer kleinen Probe den Niederschlag auf und fügt das 3—4-fache Volumen Wasser zu. Besteht der Niederschlag aus Fi-

[1]) Das Verhältniss wird also: 1 Vol. Bittersalzlösung auf 4 Vol. Blut.

Digitized by Google

brinogen, so löst er sich dabei fast augenblicklich zu einer absolut wasserhellen Flüssigkeit auf; wenn er sich dagegen gar nicht löst (was mir übrigens nur bei Versuchen mit Rinderblut begegnet ist) besteht er nicht aus Fibrinogen sondern aus Fibrin, welches in dem Salzplasma gelöst gewesen ist und durch den Zusatz von gesättigter NaCl-Lösung unlöslich gemacht wird. (Auf die Frage von dem löslichen Fibrin werden wir übrigens in dieser Abhandlung später etwas näher eingehen).

Bei der Filtration, zu welcher mehrere Trichter mit Faltenfiltren gebraucht werden müssen, ist es gar nicht nöthig die Kohlensäure der Luft abzuhalten; die Filtration kann ohne die geringste Gefahr in offenen Trichtern bei Stubenwärme ausgeführt werden. Sobald die Filtren sich zu verstopfen anfangen, müssen sie gewechselt werden, und zu dem Ende nehme ich die Trichter und giesse durch vorsichtiges Neigen die rückständige Flüssigkeit auf ein neues Filtrum, während das andere, nicht mehr brauchbare, von dem Trichter genommen und noch feucht in eine Lösung von 6—8 % NaCl eingelegt wird. Ich verfahre in dieser Weise aus dem Grunde, dass das Waschen schwierig ausführbar und mit grossen Verlusten verbunden ist. Man hat es nämlich nicht hier, wie in den Versuchen von EICHWALD, mit grossen, zusammenhängenden Massen, welche heruntergespült werden können, zu thun, sondern mit einem sehr feinen Niederschlage, welcher durch das Waschen (welches mit einer halb-gesättigten NaCl-Lösung geschehen muss) in eine etwas zähe oder klebrige Masse verwandelt wird, welche einerseits das Waschen sehr erschwert und andererseits so fest an das Filtrum klebt, dass sie nicht ohne grosse Verluste entfernt werden kann.

Nachdem in dieser Weise der ganze Niederschlag mit den Filtren in eine 6—8-procentige NaCl-Lösung hineingebracht worden, rührt man wiederholt mit einem Glasstabe um und lässt an einem kühlen Orte stehen. Der Niederschlag löst sich leicht, und man kann schon nach Verlauf von ein paar Stunden filtriren, aber es ist vielleicht besser, wenn man erst nach 12—24 Stunden filtrirt. Das rückständige Papier wird stark ausgepresst, von Neuem mit NaCl-Lösung unter Umrühren, ausgelaugt, dann wiederum ausgepresst und zuletzt die erhaltene Flüssigkeit filtrirt. Das Filtrat wird gemessen und mit dem gleichen Volumen einer gesättigten NaCl-Lösung zum 2:ten Male gefällt. Der weisse Niederschlag ist fein und hat gar keine Neigung zu grossen, flockigen Massen sich zusammenzuziehen. Er wird auf Faltenfiltren gesammelt und die Filtration geht gewöhnlich sehr gut von Statten. Das Waschen mit halbgesättigter NaCl-Lösung ist aus den schon oben angeführten Gründen auch diessmal nicht nur schwer ausführbar sondern auch von einem nur geringen Erfolge, und ich fand es dess-

Digitized by Google

halb besser die Filtren, nach dem Ablaufen der Flüssigkeit, zwischen Fliesspapier stark auszupressen und in dieser Weise von der rückständigen Flüssigkeit möglichst zu befreien. Dann wurden die Filtren mit dem Niederschlage fein zerschnitten und in eine 6—8 %-tige NaCl-Lösung eingetragen. Der Niederschlag löst sich leicht und nach der Filtration erhält man eine etwas opalisirende, absolut hæmoglobinfreie Flüssigkeit, welche zum 3:ten Male mit dem gleichen Volumen einer gesättigten NaCl-Lösung gefällt wird. Der Niederschlag wird auf Filtren von dem besten, schwedischen Filtrirpapiere gesammelt und nach dem Ablaufen der Flüssigkeit zwischen Papier ausgepresst. Die Filtren (mit dem Niederschlage) werden dann zerschnitten und der Niederschlag in Wasser gelöst. Der Niederschlag löst sich nämlich in Wasser mit Hilfe von dem in den Filtren rückständigen Kochsalze, und man erhält in dieser Weise eine — wie ich bald zeigen werde — sehr reine Fibrinogenlösung.

Zu dem Ausfällen des Fibrinogens habe ich theils das unreine, kalkhaltige. theils das chemisch reine NaCl verwendet, und wir werden bald zu diesem Umstande zurückkehren. In einigen Fällen löste ich das Fibrinogen, schon nach der 2:ten Fällung mit NaCl, in Wasser und schlug es 1—2 Mal aus wässeriger Lösung mit NaCl nieder. Das Verfahren kann also etwas variirt werden, aber ich glaube, dass die eben angegebene Methode die einfachste und sicherste ist.

Die Ausbeute an Fibrinogen ist eine verhältnissmässig geringe, denn aus etwa 1500 Cc Salzplasma erhielt ich im Allgemeinen nur etwa 200 Cc einer, allerdings ziemlich concentrirten, Fibrinogenlösung. Ich glaube doch, dass die Methode wesentlich verbessert werden könnte, und die Ausbeute würde gewiss eine bedeutend grössere werden, wenn man zur Fällung eine grössere Kochsalzmenge nehmen wollte. Indessen müssen doch erst weitere Untersuchungen zeigen, in wie weit ein derartiges Verfahren anzurathen ist; für mich kam es diessmal nur darauf an, eine Methode ausfindig zu machen, durch welche die Darstellung einer für qualitative und quantitative Versuche genügenden Menge einer möglichst reinen und vor Allem paraglobulinfreien Fibrinogenlösung möglich wurde.

In wie weit mir diess gelungen ist, wird aus den folgenden Bemerkungen hervorgehen

Es fragt sich zuerst, ob der nach meiner Methode dargestellte Eiweisskörper wirklich fibrinogene Substanz ist, und diese Frage muss entschieden bejahend beantwortet werden. Die Lösung dieses Eiweissstoffes, mit Blutserum, Blut oder einer Fibrinfermentlösung versetzt, gerinnt nämlich zu einem sehr festen Fibrinkuchen, von ganz denselben Eigenschaften, welche

Digitized by Google

dem gewöhnlichen, aus dem Blute gewonnenen, Faserstoffe eigenthümlich sind.

Diese Fibrinogenlösung ist aus folgenden Gründen unzweifelhaft eine reinere als die von EICHWALD dargestellte. Das von ihm dargestellte "lösliche Fibrin" [1]) war in Wasser langsam löslich zu einer spontan gerinnenden Flüssigkeit. Nur durch Zusatz von NaOH bis zu deutlich alkalischer Reaction wurde eine nicht spontan gerinnende Flüssigkeit erhalten, aber sie gerann bei der Neutralisation, selbst wenn diese mit Kohlensäure ausgeführt wurde. Mein Fibrinogen, welches durch Ausfällen mit NaCl erhalten wird, löst sich dagegen in Wasser zu einer neutralen Flüssigkeit, welche gar keine Neigung zur spontanen Gerinnung zeigt. Im Gegentheil kann diese Lösung an einem kühlen Orte 8—14 Tage aufbewahrt werden, ohne zu gerinnen, und bei Zimmerwärme in einem offenen Gefässe aufbewahrt geht sie nach einigen Tagen allerdings in Fäulniss über, aber eine Faserstoffgerinnung tritt nicht einmal spurweise auf. Das EICHWALDsche Fibrinogen (lösliche Fibrin) muss also entweder etwas unreiner als das meinige sein, oder wir haben nicht denselben Eiweisskörper als Endprodukt erhalten.

Meine Fibrinogenlösungen, welche von etwa 1 % NaCl verunreinigt sind, werden durch starkes Verdünnen mit Wasser opalisirend und sie setzen allmählich einen feinflockigen Niederschlag ab, welcher seine Löslichkeit in verdünnten Salzlösungen allmählich verliert. Beim Durchleiten von einem kräftigen Kohlensäurestrome wird die Lösung zuerst etwas trübe und setzt einen zuerst fein-, dann etwas mehr grob-flockigen Niederschlag ab, welcher ebenfalls allmählich schwerlöslicher wird. Ein grosser Theil des Fibrinogens bleibt doch in Lösung und kann durch Kohlensäure nicht niedergeschlagen werden. Filtrirt man von dem Niederschlage ab, so erhält man eine wasserhelle, sehr kohlensäurereiche Fibrinogenlösung, welche gar nicht spontan gerinnt. Man kann die überschüssige Kohlensäure mit der Luftpumpe entfernen, oder man lässt die Lösung in einem offenen Gefässe stehen, damit die Kohlensäure allmählich entweiche, und es zeigt sich nicht die Spur einer Faserstoffgerinnung. Dagegen gerinnt diese Lösung, nachdem die Kohlensäure entfernt wurde, zu einem sehr festen Fibrinkuchen, wenn sie mit der Lösung des SCHMIDTschen Fibrinfermentes vermischt wird. Wird dagegen die Kohlensäure nicht entfernt, gerinnt die kohlensäurereiche, mit Fermentlösung versetzte, Fibrinogenlösung sehr langsam, und man kann die, schon von SCHMIDT angegebene, gerinnungshemmende Einwirkung der Kohlensäure leicht beobachten. Die Gerinnung geht nämlich in diesen

[1]) *L. c.* P. 156—157.

Digitized by Google

Fällen von der Oberfläche aus, und nur in dem Masse wie die Kohlensäure entweicht, geht sie auf die tieferen Schichten über. Wenn die Kohlensäure nicht entfernt wurde, erfordert die Gerinnung bei Anwesenheit von dem Fibrinfermente bisweilen 24 Stunden, während im entgegengesetzten Falle die Fibrinogenlösung innerhalb einer halben Stunde bei Zimmerwärme zu einem sehr festen Kuchen gerinnen kann. Man kann also nicht, wie es EICHWALD [1]) versucht hat, die von SCHMIDT angegebene, gerinnungshemmende Einwirkung der Kohlensäure in Abrede stellen, und der Umstand, dass die Kohlensäure unter anderen Verhältnissen, wie im Blute oder in den serösen Flüssigkeiten, unzweifelhaft die Gerinnung beschleunigen kann, zeigt nur, einerseits, dass in diesen Flüssigkeiten die Verhältnisse etwas complicirter sind, und, andererseits, dass man von dem Studium der möglichst reinen Substanzen ausgehen muss.

Der Umstand, dass eine durch Kohlensäure nicht mehr fällbare Fibrinogenlösung nie spontan, durch Entweichen der überschüssigen Kohlensäre, sondern erst nach Zusatz von dem Fibrinfermente gerinnt, zeigt unzweifelhaft, dass die Bedeutung der Kohlensäure für die Faserstoffgerinnung nicht so einfach zu deuten ist, wie man es bisher geglaubt hatte. Bei dieser Frage will ich indessen in dieser Abhandlung nicht länger verweilen, denn ich beabsichtige in einer 2:ten Abhandlung, welche über das Wesen des Gerinnungsprocesses handeln wird, auf meine Beobachtungen über die Einwirkung von Säuren auf die Fibrinogenlösungen sowie auf die Bedeutung und die Wirkungsweise der Kohlensäure bei der Faserstoffgerinnung etwas näher einzugehen.

Der eigentliche Gegenstand dieser ersten Abhandlung ist nur die Frage nach der Nothwendigkeit und der Wirkungsweise des Paraglobulins bei der Faserstoffgerinnung, und es ist einleuchtend, dass für eine richtige Antwort auf diese Frage eine sorgfältige Untersuchung der oft genannten Fibrinogenlösungen ausserordentlich wichtig sein muss. Wenn es sich nämlich zeigen lässt, dass die Fibrinogenlösungen paraglobulinfrei sind, ist damit auch der Beweis geliefert, dass der Faserstoff nicht durch eine chemische Verbindung von Paraglobulin und Fibrinogen entstehen kann, während in dem entgegengesetzten Falle die Frage noch eine offene bleibt.

Wir wollen also zu der Frage von der An- oder Abwesenheit des Paraglobulins in den, nach meiner Verfahrungsweise gewonnenen, Fibrinogenlösungen übergehen.

---

[1]) *L. c.* P. 148.

Digitized by Google

Serum, oder eine neutrale Lösung von Paraglobulin in einer möglichst geringen Menge NaCl, wird durch das gleiche Volumen einer gesättigten NaCl-Lösung nicht im geringsten gefällt; aber hierin liegt, wie ich schon oben, bei Besprechung der EICHWALDschen Versuche, hervorgehoben habe, keine Garantie für die Abwesenheit von Paraglobulin in der Fibrinogenlösung. Das Plasma, aus welchem ich das Fibrinogen niedergeschlagen habe, besteht nämlich zu $^1/_5$ aus einer gesättigten Bittersalzlösung, und ich habe in der That auch gefunden, dass eine neutrale Paraglobulinlösung, welche zu $^1/_5$ ihres Volumens aus gesättigter Magnesiumsulfatlösung besteht, durch Zusatz von NaCl-Lösung bis zur halben Sättigung gefällt werden kann. Es ist also möglich, dass gleichzeitig mit dem Fibrinogen auch etwas Paraglobulin aus dem Plasma durch Zusatz von NaCl niedergerissen wird, und aus diesem Grunde änderte ich auch in einigen Versuchen mein Verfahren in folgender Weise. Das zum 2:ten Male mit NaCl niedergeschlagene Fibrinogen löste ich nicht in einer 6—8 procentigen NaCl-Solution sondern in destillirtem Wasser, und aus dieser Lösung schlug ich das Fibrinogen mit einer gesättigten NaCl-Lösung nieder. Unter diesen Verhältnissen wird das Paraglobulin nicht gefällt, und der Niederschlag ist also wahrscheinlich als paraglobulinfrei anzusehen. Um indessen noch sicherer zu sein, schlug ich ebenfalls in einigen Versuchen das Fibrinogen 2, ja in einem Falle sogar 3, Mal mit NaCl aus wässriger Lösung nieder, und dennoch wurde eine mit dem Fermente gerinnende Fibrinogenlösung erhalten.

Man kann wohl, nach dem über die Fällbarkeit des Paraglobulins mit gesättigter NaCl-Lösung oben gesagten, kaum glauben, dass ein 2—3 Mal mit gesättigter NaCl-Solution aus wässeriger Lösung niedergeschlagenes Fibrinogen vom Paraglobulin verunreinigt ist; aber der entscheidende Beweis für die Abwesenheit dieses Eiweisskörpers in der Fibrinogenlösung fehlt indessen, und ich habe desshalb versucht, diesen Beweis zu liefern.

Zu dem Ende bin ich von dem ungleichen Verhalten des Paraglobulins und des Fibrinogens zu überschüssigem NaCl ausgegangen. Eine Paraglobulinlösung wird durch Eintragen von Kochsalz bis zur vollständigen Sättigung nie vollständig gefällt. Ein grosser Theil des Paraglobulins wird allerdings ausgeschieden, aber selbst wenn man einen grossen Überschuss von gepulvertem NaCl nimmt und das Gemisch 24—48 Stunden bei Stubenwärme stehen lässt, enthält das Filtrat etwas Paraglobulin, welches aus dem mit NaCl gesättigten Filtrate mit Essigsäure gefällt werden kann. Dieses Verhalten, welches auch von EICHWALD [1]) beobachtet

[1]) *L. c.*

Digitized by Google

wurde, gilt auch für Paraglobulinlösungen, welche kein freies Alkali enthalten, und als Beleg hierführ kann ich folgende Beobachtung anführen.

Ich schlug aus verdünntem Pferdeblutserum das Paraglobulin mit Essigsäure nieder, wusch den Niederschlag vollständig mit Wasser, löste ihn in Wasser, unter Zusatz von einer möglichst geringen Menge einer sehr verdünnten Natronlauge, und schlug endlich das Paraglobulin zum 2:ten Male mit Essigsäure nieder. Dieses wiederum gewaschene Paraglobulin wurde 3 Mal abwechselnd in NaCl gelöst und durch Eintragen von einem grossen Überschusse chemisch reinen Kochsalzes niedergeschlagen. Jedesmal enthielt das mit NaCl gesättigte Filtrat etwas Paraglobulin, welches mit Essigsäure niedergeschlagen werden konnte, und es war also nicht möglich, das Paraglobulin mit überschüssigem, gepulverten Kochsalz vollständig zu fällen. Dieselbe Beobachtung habe ich auch an Paraglobulin gemacht, welches, durch NaCl aus Serum ausgeschieden und mit NaCl-Lösung gewaschen, 4—5 Mal abwechselnd in schwacher NaCl-Solution gelöst und durch NaCl in Substanz gefällt wurde.

Bisher ist es mir nie gelungen eine Paraglobulinlösung bei Zimmerwärme mit Kochsalz vollständig zu fällen, während meine Fibrinogenlösungen durch NaCl in Substanz so vollständig niedergeschlagen werden, dass in dem Filtrate weder durch Zusatz von Essigsäure allein noch durch Zusatz von Essigsäure und Aufkochen die geringsten Spuren von Eiweiss nachgewiesen werden können.

Es zeigt diese Beobachtung einerseits mit Bestimmtheit, dass in der Fibrinogenlösung kein Serumalbumin vorhanden ist, denn dieser Eiweisskörper wird bekanntlich durch Kochsalz bei Zimmerwärme nicht niedergeschlagen, und andererseits mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass die Fibrinogenlösung auch kein Paraglobulin enthält. Gegen diese letztere Annahme kann, so weit ich verstehe, nur noch der Einwand erhoben werden, dass eine reine Paraglobulinlösung allerdings durch NaCl nicht vollständig gefällt wird, dass aber vielleicht durch Eintragen von gepulvertem NaCl im Überschusse in einer paraglobulinhaltigen Fibrinogenlösung das Paraglobulin von dem Fibrinogen vollständig mit niedergerissen werde. Dieser letzte Einwand wird indessen durch den folgenden Versuch entkräftet.

Eine Fibrinogenlösung wird in 2 Portionen getheilt und die eine sogleich mit überschüssigem, gepulvertem Kochsalz gefällt. Die andere wird mit einem beliebigen Volumen einer reinen Paraglobulinlösung vermischt und unmittelar darnach — damit keine Faserstoffgerinnung eintrete — ebenfalls mit überschüssigem, gepulvertem Kochsalz gefällt. In beiden Proben entsteht (bei Zimmerwärme) fast unmittelbar nach Zusatz von dem Koch-

Digitized by Google

salze ein reichlicher Niederschlag, welcher nach Verlauf von etwa 24 Stunden abfiltrirt wird. Die Filtrate werden mit Essigsäure versetzt und man beobachtet dabei folgendes. Das mit NaCl gesättigte Filtrat von der ursprünglichen Fibrinogenlösung wird durch Zusatz von Essigsäure nicht im geringsten getrübt und es bleibt selbst beim Aufkochen wasserhell. Das Filtrat von der mit Paraglobulin verunreinigten Fibrinogenlösung wird durch Zusatz von Essigsäure etwas trübe und allmählich entsteht ein feinflockiger Niederschlag. War die Menge des zugesetzten Paraglobulins eine sehr kleine, wird das Filtrat nur opalisirend und beim Kochen klärt es sich scheinbar ein wenig auf. Diess rührt doch nur daher, dass die Opalisirung durch das Kochen in einen sehr feinen Niederschlag übergeht; aber wenn man die Probe einige Stunden, etwa bis zum folgenden Tage, stehen lässt, setzt sich ein flockiger aus Eiweiss bestehender Niederschlag zum Boden. Das mit Essigsäure versetzte, ebenfalls gekochte, Filtrat von der mit Paraglobulin nicht verunreinigten, übrigens in ganz derselben Weise behandelten, Fibrinogenlösung bleibt während derselben Zeit absolut wasserhell. Diesen Versuch habe ich mehrmals angestellt und in keinem einzigen Falle habe ich ein abweichendes Resultat erhalten.

In dem Zusatze von überschüssigem, gepulvertem Kochsalz hat man also ein Mittel die Anwesenheit von Paraglobulin in einer Fibrinogenlösung zu entdecken. Dieses Mittel giebt in meinen Fibrinogenlösungen ein absolut negatives Resultat, während es in denselben Fibrinogenlösungen, wenn sie mit etwas Paraglobulin verunreinigt worden, ein unzweifelhaft positives Resultat giebt.

Diese Beobachtungen betrachte ich als einen bestimmten Beweis für die Abwesenheit von Paraglobulin in den Fibrinogenlösungen, und es kommt also demnächst darauf an zu zeigen, in welcher Weise diese Fibrinogenlösungen bei der Faserstoffgerinnung sich verhalten.

§ 6. *Der experimentelle Beweis, dass der Faserstoff nicht durch eine chemische Verbindung von dem Paraglobulin und dem Fibrinogen entsteht.*

Schon oben habe ich gesagt, dass eine nach meiner Methode bereitete Fibrinogenlösung mit der Luft in Berührung nie "spontan" gerinnt, während sie, mit einer Lösung des Fibrinfermentes versetzt, in kurzer Zeit ein festes Coagulum giebt. Nachdem wir oben gesehen haben, dass die Fibrinogenlösungen wirklich paraglobulinfrei sind, bleibt es also nur

Digitized by Google

übrig zu zeigen, erstens, ob auch die Fermentlösungen paraglobulinfrei sind und, zweitens, ob die Gerinnsel wirklich aus Faserstoff bestehen. Können wir diess zeigen, so ist damit auch bewiesen, dass der Faserstoff nicht das Produkt einer chemischen Verbindung von 2 Eiweisskörpern, dem Paraglobulin und dem Fibrinogen sein kann.

Zur Darstellung einer wässerigen Lösung des Fibrinfermentes coagulirte SCHMIDT [1]) 1 Theil Blutserum vom Rinde, Hunde oder Pferde mit 15—20 Th starkem Alkohol, filtrirte nach wenigstens 14 Tagen, trocknete den feuchten Rückstand über Schwefelsäure, pulverisirte ihn fein, extrahirte mit Wasser, filtrirte und erhielt so eine Fermentlösung, welche allerdings Spuren von Eiweiss enthielt, aber als ganz paraglobulinfrei sich erwies. In ganz derselben Weise verfuhr auch ich, nur mit dem Unterschiede, dass ich den mit 20 Th 97 %-tigem Alkohol erzeugten Niederschlag wenigstens 3 Wochen unter Alkohol stehen liess, und es sind also meine Fermentlösungen, wenn möglich, noch paraglobulinfreier gewesen.

Die Fermentlösungen enthalten doch stäts einen Eiweisskörper, welcher dem Paraglobulin ziemlich nahe verwandt ist. Dieser Eiweisskörper wird, nach den Angaben von SCHMIDT [2]), durch Kohlensäure oder bei Zusatz von höchst verdünnter Essigsäure niedergeschlagen; aber der Niederschlag ist unlöslich in Kochsalz, in überschüssiger Kohlensäure, in Sauerstoff sowie in Essigsäure, und da er ausserdem in Hydroceleflüssigkeiten keine Gerinnung bewirkt, kann er nach SCHMIDT nicht aus Paraglobulin bestehen. Diesen Eiweisskörper habe ich auch in den Fermentlösungen gefunden, aber ich beobachtete ausserdem, dass er nicht immer so unlöslich ist. Wurde der Fermentlösung, unmittelbar nachdem beim Durchleiten von Kohlensäure ein Niederschlag sich gebildet hatte, etwas NaCl-Lösung zugesetzt, so löste sich unzweifelhaft in mehreren Fällen ein Theil des Niederschlages auf, während der letztere dagegen, wenn er einige Zeit unter Wasser gestanden hatte, als unlöslich sich erwies. Selbstverständlich will ich hiermit nicht, entgegen den Angaben von AL. SCHMIDT, behaupten, dass der Niederschlag etwas Paraglobulin enthält, aber nachdem ich diese Beobachtungen gemacht hatte war es jedenfalls unbedingt nöthig den fraglichen Eiweisskörper aus den Fermentlösungen zu entfernen. Zu dem Ende leitete ich durch die Fermentlösungen einen anhaltenden Kohlensäurestrom und filtrirte nach Verlauf von etwa 12 Stunden von dem Niederschlage ab. Das Filtrat wurde mit der Luftpumpe von der Kohlensäure befreit, und es blieb dabei wasserhell. Von

[1]) L. c. *Pflügers Archiv Bd. 6.*
[2]) L. c. *Pflügers Archiv Bd. 6.* S. 458.

Digitized by Google

der so gewonnenen, wasserhellen Fermentlösung wurde ein Theil wiederum mit Kohlensäure behandelt und ein anderer Theil mit überschüssigem Kochsalz versetzt. Wenn die beiden Proben bei dieser Behandlung wasserhell blieben, wurde die Fermentlösung als paraglobulinfrei angesehen, widrigenfalls wurde sie von Neuem mit Kohlensäure behandelt, bis sie keine Globulinreactionen gab, oder — richtiger — bis sie keinen durch Kohlensäure oder überschüssigen Kochsalz fällbaren Eiweisskörper enthielt. Die Fermentlösungen reagirten fast neutral oder höchstens sehr schwach alkalisch.

Die so gereinigten Fermentlösungen, welche unzweifelhaft als paraglobulinfrei anzusehen sind, wirkten auf die Fibrinogenlösungen ebenso rasch wie die nicht gereinigten ein. Innerhalb $^1/_4$-$^1/_2$-1 Stunde gerann nämlich bei Zimmerwärme eine mit dieser Fermentlösung versetzte reine Fibrinogenlösung zu einem so festen Kuchen, dass das Gefäss ohne Gefahr umgestülpt und bisweilen sogar ziemlich stark geschüttelt werden konnte.

Eine paraglobulinfreie Fermentlösung giebt also mit einer ebenfalls paraglobulinfreien Fibrinogenlösung ein sehr festes Gerinnsel, und es fragt sich also demnächst, ob dieses Gerinnsel auch aus wirklichem Faserstoff bestehe. Ich glaube, dass auch diese Frage bejahend beantwortet werden muss.

Mischt man die beiden Flüssigkeiten mit einander und lässt ruhig stehen, so wird das Gemisch allmählich etwas opalisirend, dann sieht man beim Umrühren in der Flüssigkeit einen eigenthümlichen, weisslichen Schimmer, welcher bald einer sichtbaren Trübung Platz giebt, und binnen Kurzem gesteht nun die ganze Flüssigkeit zu einer zitternden Gallerte, welche bald in einen sehr festen Kuchen übergeht. Löst man diesen von dem Rande des Gefässes ab, so zieht er sich allmählich zusammen, unter Auspressung von einem wasserhellen Serum, und der Verlauf ist also ganz derselbe, wie bei der Gerinnung einer fibrinogenreichen Pericardial- oder Hydrocele-flüssigkeit. Lässt man dagegen die Flüssigkeit unter stätem Umrühren gerinnen, so erhält man grössere oder kleinere Flöckchen, welche den aus gequirltem Blute gewonnenen, mit Wasser gewaschenen Fibrinflocken ganz ähnlich sind. Die Gerinnsel, gleichgiltig ob sie durch Schlagen gewonnen oder in der Ruhe gebildet sind, können ausgepresst und mit Wasser gewaschen werden. Nach dieser Behandlung verhalten sie sich in folgender Weise. In Wasser sind sie ganz unlöslich; in schwachen, 5—10 %-tigen, NaCl-Lösungen quellen sie etwas, aber lösen sich im Laufe von mehreren Tagen bei Zimmerwärme gar nicht merkbar auf. In angesäuertem Wasser, welches 0,1 % HCl enthält, quellen sie ebenfalls auf, werden aber bei Zimmerwärme nicht gelöst, und in derselben Weise verhalten sie

Digitized by Google

sich auch zu schwach alkalischen Flüssigkeiten. Das Gerinnsel stimmt also mit dem gewöhnlichen, aus dem Blute gewonnenen, Fibrin sowohl in Bezug auf das Aussehen, wie die Kontractilität und das Verhalten gegen Salze, Säuren und Alkalien überein, und aus diesen Gründen muss ich das Gerinnsel als ein wahres, und zwar als ein sehr reines, Faserstoffcoagulum betrachten.

Eine paraglobulinfreie Fibrinogenlösung giebt also mit einer ebenfalls paraglobulinfreien Fermentlösung ein Coagulum, welches unzweifelhaft aus Fibrin besteht. In der obigen Beweisführung ist, wie ich glaube, keine Lücke vorhanden; und wenn ich in Bezug auf diese letzte Voraussetzung mich nicht irre, ist es also durch diese Untersuchungen bewiesen, *dass der Faserstoff nicht durch eine chemische Verbindung von zwei Eiweisskörpern, dem Paraglobulin und dem Fibrinogen, entsteht.*

Für das Entstehen des Faserstoffes sind also nur 2 Stoffe nöthig, einerseits ein Eiweisskörper, das Fibrinogen, und andererseits ein noch nicht näher bekannter Stoff, welcher in der "Fermentlösung" enthalten ist. Nichtsdestoweniger ist es unzweifelhaft, dass das Paraglobulin unter gewissen Umständen einen nicht unbedeutenden Einfluss auf die Faserstoffgerinnung auszuüben im Stande ist, und es müssen also folgende 2 Fragen beantwortet werden. 1:o) In welcher Weise wirkt das Paraglobulin auf die Faserstoffgerinnung ein, und 2:o) welcher Art ist der bei der Faserstoffgerinnung stattfindende chemische Process?

Nur die erste dieser beiden Fragen werde ich in dieser Abhandlung zu beantworten versuchen, denn meine Untersuchungen über das Wesen des Gerinnungsvorganges sind noch nicht so weit geführt, dass ich sie der Öffentlichkeit überliefern wollte. Bevor wir indessen zu der Frage nach der Wirkungsweise des Paraglobulins übergehen, will ich noch über einige mit den Fibrinogenlösungen angestellten Versuche berichten.

§ 7. *Versuche mit reinen Fibrinogenlösungen, nebst einigen Beobachtungen über die Löslichkeit des Faserstoffes in Salzen und Alkalien bei Anwesenheit von einem fibrinlösenden, fermentartigen Stoffe.*

Es ist einleuchtend, dass die Möglichkeit eine reine Fibrinogenlösung in beliebiger Menge darzustellen eine Reihe von sonst nicht ausführbaren Untersuchungen ermöglichen muss. Unter diesen giebt es eine, welche für die Hypothese von SCHMIDT von einer fundamentalen Wichtigkeit

Digitized by Google

sein muss, und diese Untersuchung muss darauf zielen, die Menge des zu einem Versuche verwendeten Fibrinogens und Paraglobulins mit der Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes zu vergleichen. Nach der Ansicht von SCHMIDT wird nämlich bei der Faserstoffgerinnung sämmtliches Fibrinogen verbraucht, wenn nur eine genügende Paraglobulinmenge vorhanden ist, und hieraus folgt, dass die Menge des gebildeten Faserstoffes, bei Anwesenheit von Paraglobulin, immer grösser als die verwendete Fibrinogenmenge sein muss. Man hat also nur nöthig, die Menge des in Arbeit genommenen Fibrinogens und Paraglobulins zu bestimmen und mit ihr die Menge des gebildeten Faserstoffes zu vergleichen.

Bei dem Versuche derartige Bestimmungen auszuführen stösst man indessen auf so grosse und unerwartete Schwierigkeiten, dass es fraglich bleibt, ob es überhaupt gegenwärtig möglich ist diese Untersuchungen mit genügender Exactheit auszuführen. Mir scheint diess wenigstens, aus Gründen, welche wird bald kennen lernen, kaum möglich, und trotz aller Arbeit, welche ich auf diese Versuche niedergelegt habe, muss ich sie als wenig beweisend betrachten. Es könnten auch vielleicht in dieser Abhandlung diese Versuche ohne Schaden ganz weggelassen werden, wenn sie uns nicht über einige nicht unwichtige Eigenschaften des Fibrinogens und des Faserstoffes belehrten.

Die Gewichtsbestimmung des Faserstoffes wurde in diesen Versuchen in gewöhnlicher Weise, durch wiederholtes Auswaschen mit Wasser, Trocknen und Wägen ausgeführt. Die gerinnenden Flüssigkeiten mussten dabei sehr oft beobachtet werden, und sobald eine beginnende Gerinnung sich zeigte wurde stark umgerührt, damit der Faserstoff in Flocken sich ausscheiden sollte. Diess war unbedingt nöthig, denn wenn die Gerinnung in der Ruhe von Statten ging, wurde ein sehr fester Kuchen erhalten, welcher nur schwer von dem eingeschlossenen Serum befreit werden konnte. Da in diesen Versuchen, wenn möglich, jeder Verlust an Fibrin vermieden werden musste, wurde der Faserstoff nicht mit verdünnter NaCl-Lösung sondern nur mit Wasser gewaschen. Die Einäscherung des Fibrins wurde in diesen Versuchen gänzlich unterlassen, denn der aus reinen Fibrinogenlösungen gewonnene Faserstoff hinterlässt, wie ich durch besondere Untersuchungen gefunden habe, bei der Verbrennung keine wägbare Menge von Asche. Diess gilt wenigstens für die bei diesen Versuchen in Betracht kommenden, nicht sehr grossen Faserstoffmengen.

Die Menge des Paraglobulins wurde in der Weise bestimmt, dass eine abgemessene Portion der zu verwendenden Paraglobulinlösung ein getrocknet und der Rückstand gewogen wurde. Wenn der Gehalt der Para-

Digitized by Google

globulinlösung an Salzen schon vorher bekannt war, wurde die entsprechende Salzmenge nur einfach abgerechnet, widrigenfalls wurde eingeäschert und die gefundenen Salzmengen abgezogen.

Dieses Verfahren wurde auch bei Bestimmung der Menge des Fibrinogens in den Lösungen in Anwendung gebracht. Wenn es sich nämlich zeigen lässt, dass die Fibrinogenlösungen nur aus Wasser, Salzen und Fibrinogen bestehen, giebt es wohl kaum eine einfachere und bessere Methode die Menge des Fibrinogens ohne Verluste zu bestimmen. Die Brauchbarkeit der Methode hängt also einerseits von der Reinheit der Fibrinogenlösungen und andererseits von der Genauigkeit der Aschenbestimmungen ab, und es ist also nöthig bei diesen beiden Bedingungen ein wenig zu verweilen.

Wie schon oben gesagt wurde, enthalten die Fibrinogenlösungen weder Serumeiweiss noch Paraglobulin, sondern nur einen Eiweisskörper, das Fibrinogen, welches als eine neutral reagirende Alkaliverbindung in der Lösung vorhanden ist. Für diese letzte Behauptung spricht folgendes. Die Fibrinogenlösungen reagiren neutral, und wenn eine solche Lösung eingetrocknet wird, erhält man einen eiweissreichen Rückstand, aus welchem die Hauptmasse der löslichen Salze mit Wasser ausgelaugt werden kann. Die so gewonnene Salzlösung reagirt ebenfalls neutral; wenn aber das rückständige, durch das Eintrocknen unlöslich gewordene Eiweiss wiederum getrocknet und dann verkohlt wird, erhält man einen Rückstand, welcher mit Wasser befeuchtet entschieden alkalisch reagirt. Werden die Kohlen wiederholt mit kochendem Wasser ausgelaugt und dann vollständig verbrannt, bleibt eine ausserordentlich geringe, nicht genau wägbare Menge Asche zurück. Die Fibrinogenlösungen enthalten also keine genau wägbare Mengen von unlöslichen Salzen und sie enthalten das Fibrinogen als eine neutral reagirende Alkaliverbindung.

Wenn die Fibrinogenlösungen von den übrigen Eiweisskörpern des Blutes nicht verunreinigt sind, können wohl kaum die in dem Blutplasma nur in geringer Menge vorhandenen Extractivstoffe als Verunreinigung hier in Betracht kommen, und es bleiben also höchstens die Fette übrig. Von Fetten enthalten indessen die Fibrinogenlösungen keine nachweisbare Mengen, wenigstens habe ich in dem getrockneten, fein gepulverten Rückstande der eingetrockneten Fibrinogenlösungen durch Extraction mit Aether weder Fett noch irgend einen anderen in Aether löslichen Stoff in bestimmbarer Menge nachweisen können. Wenn es mir möglich gewesen wäre, grosse Fibrinogenmengen in Arbeit zu nehmen, wäre vielleicht das Resultat ein anderes geworden; wegen der Nothwendigkeit das Fibrinogen für andere, wichtigere

Digitized by Google

Untersuchungen zu sparen, konnte ich indessen für die Untersuchung auf Fette jedesmal nur etwa 0,500 — 0,800 Gm in Arbeit nehmen, und diese Menge ist gewiss eine zu geringe gewesen. Wenn übrigens die Fibrinogenlösungen einige in Aether löslichen Stoffe enthalten, ist deren Menge jedenfalls eine so geringe, dass sie in diesen Versuchen gar nicht störend einwirken kann.

Die Menge des Fibrinogens, als trockenes und aschefreies berechnet, variirte in den bald anzuführenden Versuchen zwischen 0,352 und 0,993 Gm, und unter diesen Verhältnissen können, nach dem oben gesagten, die Verunreinigungen als verschwindend klein betrachtet werden. Die Lösungen können also, als nur aus Wasser, Fibrinogen und Salzen bestehend angesehen werden, und unter diesen Verhältnissen mag wohl die oben vorgeschlagene Methode als ganz brauchbar angesehen werden.

Es kommt also demnächst auf die Einäscherungen an, und bei diesen verfuhr ich in folgender Weise. Eine abgemessene Menge der Fibrinogenlösung wurde in einer Platinschale zur Trockne verdunstet, der Rückstand bei etwa 115° Celsii getrocknet und dann gewogen. Darnach wurde — unter Zusatz von Baryumhydrat in der von BEHAGHEL VON ADLERSKRON[1]) angegebenen Weise, damit kein Chlor verloren gehen würde — der Rückstand bei ser gelinder Hitze verkohlt und die Kohlen wiederholt mit Wasser ausgekocht, bis nichts mehr gelöst wurde. Dann wurde getrocknet und vollständig eingeäschert, die rückständige Asche gewogen, mit Wasser wiederholt ausgekocht, wiederum getrocknet und gewogen. Das mit Wasser nach dem vollständigen Einäschern bereitete Extrakt wurde mit dem vorher aus den Kohlen gewonnenen Extrakte vereinigt und die Menge der löslichen Salze durch Verdunsten des Wassers, Trocknen und Wägen bestimmt. Das aus den Kohlen gewonnene Extrakt hatte in den meisten Versuchen einen bräunlichen Anstrich, aber diess konnte die Beweiskraft der Versuche nicht beeinträchtigen, denn der Salzgehalt konnte dadurch nicht vermindert sondern vielmehr etwas vermehrt werden, und es kommt, wie es aus den Versuchsanordnungen hervorgeht, in diesen Versuchen gerade darauf an, wenn möglich, kein Salz zu verlieren. Die nach vollendetem Einäschern und Auswaschen mit Wasser rückständige Asche wog als Regel ein wenig mehr als das zugesetzte Baryumhydrat, als Carbonat berechnet. Der Unterschied war nicht gross und er könnte vielleicht von einer fehlerhaften

[1]) BEHAGHEL VON ADLERSKRON, über die Bestimmung des Chlors und der Alkalien in vegetabilischen und animalischen Substanzen. Fresenii Zeitschrift f. analyt. Chemie 12.

Digitized by Google

Bestimmung herrühren; aber der Zuwachs wurde mit in Rechnung gebracht und zu der gefundenen Menge der löslichen Salze addirt.

In dieser Weise glaube ich, dass durch das Einäschern, welches übrigens unter Beobachtung der gewöhnlichen Vorsichtsmassregeln ausgeführt wurde, kein Verlust an Salzen stattfinden konnte. Die gefundene Salzmenge, welche vielmehr wahrscheinlich ein wenig zu hoch gefunden wurde, subtrahirte ich von der Gesammtmenge der in den Fibrinogenlösungen enthaltenen festen Stoffe, und der Rest wurde als reines Fibrinogen betrachtet.

Die Fibrinogenlösungen enthielten allerdings eine nicht unbedeutende Menge, 1—1,5 %, löslicher Salze; da sie aber auch ziemlich reich an Fibrinogen waren, konnte durch dasselbe Salz keine grössere Menge in Wasser vertheilten Paraglobulins gelöst werden, und es musste desshalb in den Versuchen das Paraglobulin in Lösung zugesetzt werden. Als Lösungsmittel benutzte ich einerseits Alkali, in möglichst geringer Menge, und andererseits NaCl oder $CaCl_2$. Das letztere Salz wählte ich aus dem Grunde, dass, wie wir schon oben gesehen haben, das $CaCl_2$ die Menge des aus einer Hydroceleflüssigkeit ausgeschiedenen Faserstoffes bedeutend vermehren kann. Ich wollte nämlich so wenig als möglich zu Gunsten meiner eigenen Ansicht arbeiten.

In jedem Versuche wurde die Fibrinogenlösung in 3 gleich grosse Theile, auf je 40—60 Cc, getheilt. Von diesen wurde der eine zur quantitativen Fibrinogenbestimmung verwendet, während der andere mit den Lösungen von Paraglobulin und Ferment, der dritte dagegen nur mit der Fermentlösung und einer entsprechenden Menge von einer wässrigen Lösung des paraglobulinlösenden Stoffes versetzt wurde.

Von derartigen Versuchen habe ich bisher 7 angestellt, und in keinem einzigen war die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes grösser als die Menge des in Arbeit genommenen Fibrinogens. Im Gegentheil wurde stäts etwas weniger Fibrin erhalten, und die grösste Faserstoffmenge, die ich überhaupt erhalten habe, betrug 92 % von dem verwendeten Fibrinogen. In diesem Versuche war das Paraglobulin in $CaCl_2$ gelöst und der Gehalt der Versuchsflüssigkeit an $CaCl_2$ war, nach Zusatz von der Fermentlösung, 0,8 %. Die kleinste Faserstoffmenge, welche ich überhaupt erhalten habe, betrug 36,9 % von dem in Arbeit genommenen Fibrinogen, und in diesem Falle war das Paraglobulin in Alkali gelöst. Der Gehalt der Versuchsflüssigkeit an Alkali war in diesem Falle, nach Zusatz von der Fermentlösung, 0,006 % NaOH.

Digitized by Google

Das Verhältniss zwischen der Menge des Faserstoffes in den paraglobulinhaltigen- und den Controle-proben war ein sehr wechselndes. In 2 Versuchen wurde in den paraglobulinhaltigen Proben mehr Faserstoff als in den Controleproben erhalten, in 3 Versuchen war das Verhalten gerade das umgekehrte — die Controleproben enthielten nämlich etwas mehr Fibrin — und in 2 Versuchen endlich war die Fibrinmenge in den beiden Proben fast dieselbe.

Es ist gerade dieses wechselnde Resultat, welches die Beweiskraft der Versuche in so hohem Grade verringert; und nachdem wir mit den Ursachen dieses Verhaltens bekannt geworden sind, wird es einleuchtend werden, dass diese Versuche bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft kaum mit einer, den Forderungen einer exacten Beweisführung entsprechenden, Genauigkeit ausgeführt werden können.

Die Ursachen dieser wechselnden Resultate sind eigentlich 2, aber die wichtigste liegt darin, dass der Faserstoff in den paraglobulinhaltigen Proben oft ziemlich leicht wieder gelöst wird.

Man hat bekanntlich sehr viel darüber gestritten, ob der Faserstoff in Salzen löslich oder unlöslich ist, und in Bezug auf diese Frage gehen die Ansichten noch etwas aus einander. Während schon DENIS [1]) und mit ihm etwas später HEYNSIUS und VAN DER HORST [2]) dem Fibrin des Blutkuchens eine nicht unbedeutende Löslichkeit in Salzen zuerkannt haben, wird die Löslichkeit des Fibrins von EICHWALD gänzlich in Abrede gestellt und er deutet die Angaben von DENIS in der Weise, als hätte der letzt genannte Forscher die den Faserstoff verunreinigenden Beimengungen mit dem Faserstoffe selbst verwechselt. Ich glaube, dass diess doch vielleicht zu weit zu gehen ist, denn wenn man viel mit dem Faserstoffe arbeitet, wird man sich leicht überzeugen können, dass dieser Stoff nicht immer in derselben Weise gegen Lösungsmittel sich verhält, und ich habe in so vielen Versuchen ein, bis auf kaum wägbare Spuren, vollständiges Wiederauflösen des Faserstoffes beobachtet, dass ich mich unbedingt auf die Seite derjenigen Forscher stelle, welche eine Löslichkeit des Fibrins in Salzen (unter gewissen Umständen) annehmen. Zu dieser Frage werden wir übrigens in

---

[1]) Études chimiques, physiologiques et médicales, faites de 1835 à 1840, sur les Matières albumineuses etc., par P. S. DENIS *(de Commercy)*. — A. Commercy 1842. Die übrigen Abhandlungen von DENIS habe ich, trotz wiederholt darauf gerichteter Bemühungen, noch nicht erhalten; ich kenne sie also nur aus den Angaben anderer Forscher.

[2]) Über die Eiweisskörper des Blutes von A. HEYNSIUS. *Pflügers Archiv, zweiter Jahrgang 1869.*

Digitized by Google

dieser Abhandlung bei mehreren Gelegenheiten zurück kommen, und hoffentlich werde ich wenigstens einige Beiträge zur Kenntniss von den Verhältnissen, unter welchen eine derartige Auflösung geschieht, liefern können.

Die Frage von der Löslichkeit des Fibrins ist neuerdings durch eine Arbeit von PLÓSZ: "über die eiweissartigen Substanzen der Leberzelle" [1]) gewissermassen in ein neues Stadium getreten. PLÓSZ sucht nämlich die abweichenden Angaben über die Löslichkeit des Fibrins in Salzlösungen aus einem eigenthümlichen Verhalten dieses Eiweissstoffes zu erklären. Das Fibrin soll sich nämlich gegen die Salzlösungen anders verhalten, wenn es mit denselben digerirt als wenn es mit denselben extrahirt werde. Die Gegenwart der durch die Salzlösung aus der Fibrinflocke ausziehbaren Substanzen (wahrscheinlich des durch den Faserstoff mit niedergerissenen Paraglobulins) bewirkt, dass der Faserstoff bei 30—40° C zum grossen Theile, manchmal ganz gelöst wird, wobei sich nicht jedes Fibrin gleich verhält, indem es manchmal vollkommen und schnell, andermal nur zum Theil in Lösung geht. Extrahirt man hingegen das Fibrin in der Kälte rasch mit immer neuen Portionen der Salzlösung, so geht nur die Globulinsubstanz in Lösung und das zurückbleibende Fibrin wird bei keiner Temperatur durch die Salzlösung gelöst. PLÓSZ spricht auf Grund dieses Verhaltens die Vermuthung aus, dass die Lösung des Fibrins durch einen fermentativen Process bewirkt werde und dass demnach das rohe Fibrin häufig ausser dem Pepsin und dem zuckerbildenden Fermente noch andere und darunter eines enthält, das bei 30—40° C bei Gegenwart von Salzen Fibrin zu lösen vermag.

Die Richtigkeit dieser Ansicht von PLÓSZ wird durch meine Versuche bewiesen. Ich nahm von derselben reinen Fibrinogenlösung 2 gleich grosse Portionen, welche mit gleich grossen Mengen derselben Fibrinfermentlösung versetzt wurden; dann versetzte ich die eine Probe mit einer Lösung von Paraglobulin in Kochsalz und die andere mit derselben Menge einer gleich starken Kochsalzlösung. In jeder Probe — in der paraglobulinhaltigen jedoch bedeutend früher — entstanden sehr reichliche und voluminöse Fibrinmassen, welche mit einem Glasstabe zerrührt wurden. Das Serum war nach beendigter Faserstoffgerinnung wasserhell. Nach Verlauf von einigen Stunden wurde das Fibrin in der paraglobulinhaltigen Probe weniger fest und es konnte leichter zerkleinert werden, das Serum trübte sich etwas und im Laufe von 8—20 Stunden war in dieser Probe alles Fibrin bei Zimmerwärme gelöst und eine etwas trübe Flüssigkeit erhalten. Die nicht paraglobulinhaltige Probe blieb während dieser Zeit ganz unverändert und noch nach Verlauf von 24—48 Stunden konnte in ihr keine Spur einer Auflösung

[1]) *Pflügers Archiv Bd. 7.*

Digitized by Google

des Faserstoffes bemerkt werden. Diese Beobachtung, welche ich zu wiederholten Mahlen gemacht habe, kann nur in der Weise gedeutet werden, dass das Paraglobulin einen fibrinlösenden Stoff mit niedergerissen hat; und der Umstand, dass in meinen Versuchen die Auflösung bei Zimmerwärme und einem geringen Salzgehalte, 1—1,5 % NaCl, geschah, kann nicht verwundern, denn gewöhnlichenfalls ist das Fibrin nur von einer geringen Paraglobulinmenge verunreinigt, während in meinen Versuchen die Lösungen gewöhnlich reicher an Paraglobulin als an Faserstoff waren. Es war also in meinen Versuchen ein, im Verhältniss zu der Faserstoffmenge, grosser Überschuss des fibrinlösenden Stoffes vorhanden.

Vielleicht werden diese Beobachtungen den Verdacht erregen, dass ich entweder mit einem sehr unreinen Paraglobulin gearbeitet habe, oder dass die Auflösung des Fibrins das Resultat einer beginnenden Fäulniss gewesen sei. Ich glaube doch, dass diese Einwendungen widergelegt werden können.

Das Paraglobulin wurde als Regel in folgender Weise gereinigt. Nachdem es aus verdünntem Serum mit Essigsäure niedergeschlagen war, wusch ich es mit Wasser, bis ein eiweissfreies Filtrat erhalten wurde, löste dann das Paraglobulin in Wasser unter Zusatz von einer möglichst geringen Alkalimenge, verdünnte stark, fällte wiederum mit Essigsäure und wusch den Niederschlag mit Wasser aus. Ich habe auch versucht, das mit Essigsäure niedergeschlagene, gewaschene und in NaCl gelöste Paraglobulin durch Dialyse wiederum zu fällen, aber auch nach dieser Reinigung habe ich die fibrinlösende Wirkung beobachtet. Das in dieser Weise gereinigte Paraglobulin leitete noch in einer Fibrinogenlösung die Gerinnung ein, und es war also nicht nur von dem fibrinlösenden Stoffe sondern auch von dem Fibrinfermente verunreinigt. Indessen war es so rein, als es nach den bisher üblichen Darstellungsmethoden (ohne Veränderung der Löslichkeitsverhältnisse) überhaupt werden kann.

Dass die Wiederauflösung des Fibrins nicht von einer beginnenden Fäulniss herrührte, geht daraus hervor, dass die nicht paraglobulinhaltige Probe mehrere Tage bei Zimmerwärme stehen konnte, ohne dass eine merkbare Auflösung des Fibrins sichtbar wurde. Man könnte also nur daran denken, dass das Paraglobulin schon während der zur Reindarstellung nöthigen Zeit in beginnende Zersetzung übergegangen wäre, aber selbst diese Einwendung ist, wie ich glaube, nicht berechtigt. Diese Versuche sind nämlich während des letzten Winters ausgeführt, und das Paraglobulin wurde dabei nie bei Stubenwärme sondern in einem nicht geheizten Zimmer verarbeitet. Die einzige Schwierigkeit bestand dabei darin, das Gefrieren der Flüssigkeit

Digitized by Google

verhindern zu können, und man kann also wohl kaum bezweifeln, dass das Paraglobulin in ganz unzersetztem Zustande der Fibrinogenlösung zugesetzt wurde. Dass die Paraglobulinhaltige Probe früher in Fäulniss übergeht als die Controleprobe habe ich mehrmals bemerkt, aber während der 8—20 Stunden, innerhalb welcher die Wiederauflösung des Fibrins gewöhnlich von Statten ging, habe ich noch nie die Spur einer Fäulniss beobachten können.

Das Wiederauflösen des Faserstoffes kann also in diesen Versuchen nach meiner Meinung nur in Übereinstimmung mit der von PLÓSZ ausgesprochenen Ansicht erklärt werden, und ich sehe in diesen Versuchen eine Bestätigung seiner Angaben.

Das Paraglobulin ist also, selbst wenn man es nach den gewöhnlichen Methoden gereinigt hat, kein reiner Eiweisskörper; es kann wenigstens 2 fermentartige Stoffe, das Fibrinferment und den fibrinlösenden Stoff enthalten, und schon aus diesem Grunde können also, so lange wir noch keine Methode zur wirklichen Reindarstellung eines auf die Gerinnung noch einwirkenden Paraglobulins besitzen, die oben vorgeschlagenen, fundamentalen Versuche den Forderungen einer exacten Beweisführung nicht entsprechen.

Der Umstand, dass der Faserstoff in den paraglobulinhaltigen Proben wieder aufgelöst wird, muss natürlich die Ausführung dieser Versuche in hohem Grade erschweren und ein etwas wechselndes Resultat hervorbringen. Diese wechselnden Resultate haben indessen, wie ich schon oben, S. 51, bemerkt habe, auch einen zweiten Grund.

PLÓSZ giebt an, dass nicht jedes Fibrin mit derselben Leichtigkeit in Salzen aufgelöst werde, und ich kann die Richtigkeit auch dieser zweiten Angabe vollkommen bestätigen. Das gewöhnliche, aus dem Blute durch Schlagen erhaltene, Fibrin kann als Regel mit einer Lösung von Paraglobulin in NaCl bei Zimmerwärme während 24 Stunden digerirt werden, ohne merkbar sich aufzulösen, und in ganz derselben Weise verhält sich oft der aus einer reinen Fibrinogenlösung gewonnene Faserstoff. In anderen Fällen dagegen löst sich das aus einer Fibrinogenlösung ausgeschiedene Fibrin in derselben Zeit vollständig auf. Vielleicht rührt diess daher, dass das Paraglobulin nicht immer von dem fibrinlösenden Stoffe verunreinigt ist, aber es hängt gewiss auch von der Darstellungsweise des Fibrinogens ab. Ein Fibrinogen, welches ein schwerlösliches Fibrin liefert, kann nach wiederholtem Ausfällen mit NaCl und Wiederauflösen in Wasser einen leichtlöslichen Faserstoff geben, und durch mehrmaliges Fällen mit Kochsalz kann man es so weit bringen, dass die Fibrinogenlösung mit dem Fermente gar

Digitized by Google

nicht mehr gerinnt. Vor Allem habe ich diess beobachtet in den Fällen, da eine reine Fibrinogenlösung mit kalkfreiem Kochsalz gefällt wurde, aber die Zahl der hierher gehörenden Beobachtungen ist noch nicht so gross, dass ich diese Veränderung auf Rechnung der Abwesenheit von Kalk in dem Kochsalze schreiben wollte. Es sind in Bezug auf diese Frage noch weitere Untersuchungen nöthig, und es wäre gewiss von einem nicht unbedeutenden Interesse diese Verhältnisse etwas näher zu prüfen, denn das Casein verliert, wie ich in einer anderen Abhandlung gezeigt habe, wenn es mit kalkfreiem Kochsalz niedergeschlagen wird, die Eigenschaft mit Lab zu gerinnen. Übrigens verhält sich das Fibrinogen beim Aussalzen nicht immer in derselben Weise; das eine Mal geht die Gerinnungsfähigkeit früher, das andere später durch das Aussalzen verloren, und es ist mir sogar ein Mal begegnet, dass durch viermaliges Aussalzen die Gerinnbarkeit theilweise verloren ging, während in anderen Fällen das Fibrinogen ohne Schaden 6—7 Mal mit Kochsalz niedergeschlagen werden konnte. Vielleicht rührt diess daher, dass ich bei verschiedenen Gelegenheiten mit verschiedenen Kochsalzsorten gearbeitet habe.

Die Ursache dieser Veränderung des Fibrinogens durch wiederholtes Aussalzen vermag ich, wie gesagt, gegenwärtig nicht anzugeben. Die Anhänger der SCHMIDTschen Hypothese könnten diese Beobachtungen vielleicht durch die Annahme erklären wollen, dass mein Fibrinogen doch nicht ganz paraglobulinfrei gewesen sei, und dass es erst dann von dem Paraglobulin vollständig befreit werde, wenn man durch wiederholtes Aussalzen so weit gekommen sei, dass die Fibrinogenlösung mit dem Fibrinfermente gar nicht mehr gerinne. Das Ausbleiben der Gerinnung nach wiederholtem Aussalzen sollte nach dieser Voraussetzung also daher rühren, dass die fibrinogene Substanz erst durch diese Behandlung vollständig paraglobulinfrei geworden wäre.

Wenn diese Behauptung berechtigt wäre, würde selbstverständlich die Gerinnung wieder eintreten, wenn gleichzeitig mit dem Fermente etwas Paraglobulin der Fibrinogenlösung zugesezt wurde, aber dem ist nicht so. Eine sehr paraglobulinreiche Fermentlösung ist nämlich gegenüber einer in oben genannter Weise behandelten Fibrinogenlösung ebenso unwirksam, wie eine paraglobulinfreie Lösung des Fibrinfermentes. Es können also diese Beobachtungen gar nicht als Beweise für einen Paraglobulingehalt meiner gerinnbaren Fibrinogenlösungen gelten, und man könnte sie vielmehr als neue Beweise für die Bedeutungslosigkeit des Paraglobulins bei der Faserstoffgerinnung betrachten. Indessen können sie, so lange die Wirkungs-

Digitized by Google

weise des wiederholten Aussalzens noch unbekannt ist, weder das eine noch das andere beweisen.

Der Umstand, dass durch wiederholtes Aussalzen die Gerinnungsfähigkeit des Fibrinogens durch irgend eine, noch unbekannte, Ursache verloren gehen kann, ist der Grund, warum ich bei der Darstellung des Fibrinogens nur ein dreimaliges Aussalzen zugerathen habe. Durch ein derartiges Verfahren kann nämlich ein vollkommen paraglobulinfreies Fibrinogen erhalten werden, und man läuft dabei nicht die geringste Gefahr, eine unvollständig oder schlecht gerinnende Fibrinogenlösung zu erhalten. Das wiederholte Ausfällen hat übrigens auch die Unannehmlichkeit, dass eine nicht unbedeutende Fibrinogenmenge dabei verloren geht.

EICHWALD [1]) giebt an, dass sein "lösliches Fibrin" durch eine halbgesättigte NaCl-Lösung vollständig gefällt werde, und die Richtigkeit dieser Angabe will ich selbstverständlich nicht läugnen. Eine nach meiner Methode dargestellte Fibrinogenlösung verhält sich indessen in anderer Weise; sie wird von dem gleichen Volumen einer gesättigten NaCl-Lösung nie vollständig gefällt, man mag das Fibrinogen beliebig oft aus wässeriger Lösung mit dem gleichen Volumen einer gesättigten NaCl-Lösung fällen, und diess ist wiederum ein Unterschied zwischen dem von mir dargestellten Fibrinogen und dem "löslichen Fibrin" von EICHWALD.

Erinnert man sich der übrigen, schon oben hervorgehobenen, wichtigen Unterschiede zwischen dem löslichen Fibrin (EICHWALDs) und meinem Fibrinogen, so bleibt es noch mehr fraglich, ob wir denselben Eiweisskörper als Endprodukt erhalten haben, ob nicht vielmehr das "lösliche Fibrin" etwas Anderes als das Fibrinogen ist. Wir werden bald mit einigen wichtigen Gründen, welche für diese Ansicht sprechen, bekannt werden.

Die unvollständige Ausfällung des Fibrinogens durch das gleiche Volumen einer gesättigten NaCl-Lösung muss selbstverständlich bei der Darstellung des Fibrinogens die Ausbeute bedeutend vermindern, und es wäre von Wichtigkeit diesem Uebelstande wenn möglich vorzubeugen. Am einfachsten könnte diess durch Zusatz von einer grösseren Salzmenge geschehen, aber man läuft dabei Gefahr, das Paraglobulin — wenn dieser Eiweisskörper überhaupt in dem Plasma vorhanden ist — mit niederzuschlagen, und aus diesem Grunde wagte ich noch nicht diesen Vorschlag in Anwendung zu bringen. Nachdem wir die geringe Bedeutung des Paraglobulins für die Faserstoffgerinnung kennen gelernt haben, könnte dieses Verfahren vielleicht versucht werden, um so mehr, als es doch etwas

[1]) *L. c.*

Digitized by Google

fraglich bleibt, ob das Blut-Salzplasma überhaupt etwas Paraglobulin enthält. Nach den neuesten Angaben von AL. SCHMIDT [1]) enthält nämlich das Blutplasma kein Paraglobulin und dieser Eiweisskörper ist vielmehr ursprünglich ein Bestandtheil der farblosen Blutkörperchen, welche auch zugleich die Quellen des Fibrinfermentes darstellen sollen. Von dem Moment des Austretens des Blutes aus dem Körper an unterliegen nämlich die farblosen Elemente einem rasch fortschreitenden Zerfallprocess und eines der dabei entstandenen Zerfallprodukte ist das Paraglobulin. Ein anderes ist das Fibrinferment, welches gewissermassen als ein Leichenprodukt der farblosen Blutkörperchen anzusehen ist.

Das Entstehen dieses letzteren Zerfallproduktes kann bekanntlich durch Zusatz von Salzen zu dem Blute verhindert werden, und es wäre desshalb nicht unmöglich, dass auch der erste Theil desselben Processes, das Freiwerden des Paraglobulins, ebenfalls durch einen Salzzusatz verhindert werden könnte. In wie weit diess auch möglich ist, vermag ich gegenwärtig nicht anzugeben, denn die Untersuchungen von AL. SCHMIDT kenne ich nur durch eine vorläufige Mittheilung, und ich habe also diese Frage nicht in Arbeit nehmen können. Wenn es aber möglich wäre, durch Zusatz von einer passenden Salzmenge nicht nur der Faserstoffgerinnung, sondern auch dem Zerfalle der farblosen Blutkörperchen vorzubeugen, wurde die Darstellungsmethode des Fibrinogens dadurch wesentlich verbessert und die Ausbeute an Fibrinogen bedeutend vermehrt werden. Seitdem wir übrigens durch die Untersuchungen von HEYNSIUS [2]) wissen, dass die rothen Blutkörperchen die Hauptmasse des Fibrins (resp. des Fibrinogens) liefern, könnte man vielleicht auch durch Versuche den Salzgehalt finden, welcher, bei einer vollständig verhinderter Gerinnung, das Hinübertreten des Fibrinogens in das Blutplasma möglichst wenig verhinderte (resp. im höchsten Grade beschleunigte).

Nach diesen Bemerkungen kehren wir zu den oben vorgeschlagenen, fundamentalen Versuchen zurück.

Nach dem oben gesagten giebt es zwei Umstände, welche eine exacte Ausführung dieser Versuche wesentlich erschweren oder sogar unmöglich machen. Die eine, und zugleich die grösste, Schwierigkeit liegt darin, dass das Paraglobulin oft von einem fibrinlösenden, fermentartigen Stoffe verunreinigt ist, und dass in Folge dessen das einmal ausgeschiedene Fibrin ziemlich leicht wiederaufgelöst werden kann. Die Leichtigkeit, mit welcher

[1]) *Pflügers Archiv Bd.* 9.

[2]) Der directe Beweis, dass die Blutkörperchen Fibrin liefern von A. HEYNSIUS *Pflügers Archiv, dritter Jahrgang.*

Digitized by Google

diese Wiederauflösung geschieht, ist nicht immer dieselbe; sie hängt von einer, durch die Darstellungsmethode bedingten, noch nicht näher bekannten Veränderung des Fibrinogens ab, und hierdurch wird die Ausführung der Versuche mit einer zweiten Schwierigkeit verknüpft.

Dieser letzteren Schwierigkeit kann indessen dadurch vorgebeugt werden, dass man das Fibrinogen nur 3 Mal mit NaCl fällt, denn aus einer in dieser Weise gewonnenen Fibrinogenlösung erhält man ein Fibrin, welches in Salzen, Alkalien und Chlorwasserstoffsäure ebenso unlöslich ist, wie der aus dem Blute stammende, genuine Faserstoff selbst. Wenn dagegen das Fibrinogen in dem einen Versuche drei, in dem anderen fünf Mal mit NaCl niedergeschlagen wird, muss man einen Faserstoff von wechselnder Löslichkeit erhalten, und in Übereinstimmung damit müssen auch die Versuchsresultate etwas wechselnd und schwerverständlich werden. Diess ist auch in den oben angeführten Versuchen der Fall gewesen, denn ich hatte schon 4 quantitative Versuche ausgeführt, bevor ich die Ursache der wechselnden Löslichkeit des Fibrinogens kennen gelernt hatte.

Es können also nur diejenigen Versuche mit einander verglichen werden, in welchen das Fibrinogen in ganz derselben Weise behandelt wurde, und vor Allem müssen dabei diejenigen Versuche in Betracht kommen, in welchen das Fibrinogen nur 3 Mal mit NaCl niedergeschlagen worden ist. Bei dieser Verfahrungsweise ist nämlich nur geringe Gefahr vorhanden, dass der Faserstoff sich wieder auflösen wird; aber diess ist doch selbst unter diesen Verhältnissen möglich, und in jedem Versuche muss man folglich besondere Sorge dafür tragen, dass nicht nur eine möglichst vollständige Ausscheidung des Fibrins stattfindet, sondern auch, dass keine merkbare Menge des einmal ausgeschiedenen Fibrins wieder aufgelöst wird.

Wenn durch Zusatz von einer kräftigen Fermentlösung in genügender Menge die Gerinnungszeit sehr abgekürzt wird, kann man — durch einige Übung sowie durch ein sorgfältiges Überwachen der Versuche — ziemlich leicht den Punkt treffen, da die letzte Faserstoffflocke sich ausscheidet; man trennt dann den Faserstoff von dem Serum ab, presst stark aus, damit nur verschwindend geringe Mengen von Serum verloren gehen, und lässt dann letzteres ruhig stehen[1]). Nimmt man dann, fast unmittelbar nachdem die Gerinnung beendet ist, den Faserstoff aus der Flüssigkeit heraus und wäscht ihn wiederholt mit Wasser, so kann er mehrere Tage mit einer Salzlösung bei Stubenwärme digerirt werden, ohne dass eine merkbare Menge davon in Lösung übergeht.

[1]) Durch wiederholte Besichtigung des Serums kann man sich dabei von der Vollständigkeit (resp. Unvollständigkeit) der Gerinnung überzeugen.

Digitized by Google

Es ist allerdings nicht immer leicht den Zeitpunkt genau zu treffen, wo alles Fibrin ausgeschieden ist, und wenn der Faserstoff zu frühzeitig herausgenommen wird, verliert man selbstverständlich eine dem verloren gegangenen Serum entsprechende Faserstoffmenge. Unter diesen Verhältnissen ist es vielleicht am besten den Versuch gänzlich zu verwerfen, und es blieb mir auch in einigen Fällen[1]) kein anderer Ausweg übrig. Indessen besitze ich 2 Versuche, von denen ich ganz bestimmt sagen kann, dass in ihnen gar kein Fibrin verloren ging. In diesen Versuchen nahm ich nämlich innerhalb der ersten Viertelstunde, nachdem die anscheinend letzte Gerinnung stattgefunden hatte, und bevor noch die geringste Spur einer beginnenden Wiederauflösung merkbar geworden, den Faserstoff aus der Flüssigkeit heraus, presste ihn möglichst stark mit einem Spatel und liess das wasserhelle Serum stehen. Nach Verlauf von etwa 7—9 Stunden, während welcher möglichst fleissig beobachtet wurde, war in dem Serum noch keine Gerinnung sichtbar; aber selbst nach Zusatz von etwas mehr Fermentlösung wurde innerhalb der nächsten 48 Stunden kein neuer Faserstoff ausgeschieden, und in diesen beiden Versuchen war also die Gerinnung eine möglichst erschöpfende. Der ausgeschiedene Faserstoff wurde, unter stätigem Kneten mit einem Spatel, wiederholt mit neuen Mengen destillirten Wassers zu verschwindender Eiweissreaction der Waschflüssigkeit gewaschen, und er konnte dann über Nacht unter Wasser aufbewahrt werden, ohne an die Flüssigkeit Spuren von Eiweiss abzugeben.

Die Controleproben (welche kein Paraglobulin enthielten) wurden während der ganzen Zeit bei Stubenwärme 13—17° Celsii aufbewahrt. Die Gerinnung ging in ihnen, wegen des geringeren Fermentgehaltes, bedeutend langsamer von Statten, und es wurde nicht durch besondere Vorsichtsmassregeln eine Wiederauflösung des Faserstoffes verhindert.

Es möchte wohl kaum nöthig sein zu bemerken, dass die Abwesenheit von Paraglobulin in den Fibrinogenlösungen durch eine besondere Untersuchung constatirt wurde. Das zu diesen Versuchen verwendete Paraglobulin war in der S. 53 angegebenen Weise dargestellt worden. Die Resultate, welche ohne Weiteres verständlich sein möchten, lege ich hier tabellarisch dar.

---

[1]) Es ist selbstverständlich, dass die aus dem obengenannten Grunde nich zu Ende geführten Versuche nicht unter den 7, oben besprochenen, gerechnet sind.

Digitized by Google

Tab. 4.

N:o	Zusammensetzung der Versuchsflüssigkeit.	Menge des zugesetzten Paraglobulins in Gm.	Procentgehalt der Versuchsflüssigkeit an $CaCl_2$.	Gerinnungszeit.	Menge des Fibrinogens in Gm.	Menge des ausgeschiedenen Fibrins.	Menge des Fibrins in % von dem Fibrinogen.
1.	α) 45 Cc Fibrinogenlösung 15 Cc $CaCl_2$-Lösung 30 Cc Fermentlösung	0,000 Gm.	0,8 %.	Die Gerinnung begann nach Verlauf von 40 minuten und war nach 22 Stunden beendigt	0,447 Gm.	0,372 Gm.	83,2 %.
	β) 45 Cc Fibrinogenlösung 15 Cc einer Lösung von Paraglobulin in $CaCl_2$ 30 Cc Fermentlösung	0,450 Gm.	0,8 %.	Die Gerinnung begann nach 7 Minuten und war im Laufe von 2 Stunden beendigt	0,447 Gm.	0,413 Gm.	92,4 %.
2.	α) 60 Cc Fibrinogenlösung 20 Cc $CaCl_2$-Lösung 60 Cc Fermentlösung	0,000 Gm.	0,47 %.	Die Gerinnung trat innerhalb 20 Minuten ein und war nach 2 Stunden beendigt	0,852 Gm.	0,550 Gm.	64,5 %.
	β) 60 Cc Fibrinogenlösung 20 Cc einer Lösung von Paraglobulin in $CaCl_2$ 60 Cc Fermentlösung	0,460 Gm.	0,47 %.	Die Gerinnung begann innerhalb 2 Minuten und war nach Verlauf von 15 Minuten beendigt	0,852 Gm.	0,561 Gm.	65,8 %.

Die Tabelle ist von mehreren Gesichtspunkten aus von einem gewissen Interesse, und die Resultate sprechen entschieden gegen die bisher allgemein verbreitete Ansicht über das Wesen des Gerinnungsvorganges. Die Faserstoffmenge ist nämlich, trotzdem dass in diesen Versuchen gar kein Fibrin wiederaufgelöst wurde, in beiden Fällen eine geringere als die Menge des in Arbeit genommenen Fibrinogens. Der nicht unbedeutende Unterschied zwischen den in den beiden Versuchen ausgeschiedenen, relativen

Digitized by Google

Faserstoffmengen ist vielleicht nicht ohne Interesse, wenn wir die in den beiden Versuchsflüssigkeiten vorhandenen $CaCl_2$-Mengen mit einander vergleichen. Ich habe nämlich schon oben gezeigt, dass in einer Hydroceleflüssigkeit die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes mit der Menge des zugesetzten Chlorcalciums (innerhalb gewisser Grenzen) wächst, und wir finden in der That auch in den hier angeführten Versuchen, dass diejenige Fibrinogenlösung, welche den grössten Procentgehalt an $CaCl_2$ hatte, auch die relativ grösste Faserstoffmenge lieferte. Möglich ist doch, dass diess nur ein Zufall gewesen sei, denn es können, wie wir bald sehen werden, mehrere Umstände auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes einwirken.

Auch in diesen Versuchen sehen wir eine merkbare Einwirkung von dem Paraglobulin auf die Faserstoffgerinnung. Erstens wird die Gerinnung dadurch — und zwar durch das mit niedergerissene Fibrinferment — bedeutend beschleunigt, und zweitens wird die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes etwas vermehrt. Der Zuwachs war doch in den beiden Versuchen ein unbedeutender, vor Allem im Verhältniss zu der Menge des zugesetzten Paraglobulins; und in dem Versuche N:o *2*, wo er nur 1,3 % betrug, kann er kaum in Betracht kommen [1]). Die Ursache dieser — quantitativ — etwas verchiedenen Einwirkung des Paraglobulins auf die Faserstoffgerinnung in den beiden Versuchen wird uns erst später klar werden; aber schon hier will ich darauf aufmerksam machen, dass in dem Versuche N:o *2* die Gerinnung in der Controleprobe schon nach 2 Stunden vollständig abgelaufen war, während in dem Versuche N:o *1* erst nach 22 Stunden eine vollständige Ausscheidung des Faserstoffes stattgefunden hatte. Wir werden nämlich später sehen, dass eine verschiedene Gerinnungsgeschwindigkeit nicht ohne Einfluss auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes ist.

Ich habe schon oben gesagt, dass, so lange wir noch keine Methode zur Reindarstellung des Paraglobulins und des Fibrinfermentes besitzen, Versuche dieser Art nicht mit einer, den Forderungen an einer strengen Beweisführung entsprechenden Exactheit ausgeführt werden können. Es sind also diese Versuche nicht strenge beweisend, aber sie sind, wie ich glaube, so genau, wie es bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens überhaupt möglich ist, und man kann also schwerlich ihnen alle Beweiskraft absprechen. In einem Punkte stimmen übrigens sämmtliche 7 Versuche überein — die Menge des ausgeschiedenen Fastoffes war stäts eine

[1]) Man darf übrigens nicht vergessen, dass in diesen Versuchen der Faserstoff nur mit Wasser und nicht mit NaCl-Lösung gewaschen wurde. Das Paraglobulin war also nicht vollständig entfernt, und die Menge des Faserstoffes ist also in den paraglobulinhaltigen Proben wahrscheinlich etwas zu hoch angegeben worden.

Digitized by Google

geringere als die Menge des in Arbeit genommenen Fibrinogens — und sie sprechen also jedenfalls nicht für die Hypothese von ALEX. SCHMIDT.

Die Zahl der von mir ausgefürten, brauchbaren Versuche ist eine sehr kleine, und der wichtigste Grund dazu liegt darin, dass derartige Versuche nunmehr ziemlich überflüssig sind. Für diejenigen, welche von der Abwesenheit des Paraglobulins in meinen Fibrinogenlösungen überzeugt sind, sind nämlich diese Versuche ganz überflüssig, und für diejenigen, welche vielleicht an der Reinheit der Fibrinogenlösungen zweifeln, sind sie selbstverständlich von einer nur geringen Beweiskraft.

Der Grund, warum ich hier auf diese Versuche etwas näher eingegangen bin, ist auch hauptsächlich der, dass ich einerseits die Wiederauflösung des Fibrins durch einen das Paraglobulin verunreinigenden Stoff und andererseits die Veränderung des Fibrinogens durch wiederholtes Aussalzen hervorheben wollte. Gleichzeitig haben wir doch gefunden einen neuen, wenn auch nicht bindenden, Beweis für die oben ausgesprochene Behauptung, dass der Faserstoff nicht durch eine chemische Verbindung zwischen dem Paraglobulin und dem Fibrinogen entstehen kann.

Diese Behauptung ist dagegen, wie ich glaube, zur Genüge dadurch bewiesen, dass eine paraglobulinfreie Fibrinogenlösung mit dem ebenfalls paraglobulinfreien Fermente gewöhnlichen Faserstoff giebt. Da wir ausserdem gesehen haben, dass das Paraglobulin nichtsdestoweniger einen unzweifelhaften Einfluss auf die Gerinnung, und zwar auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes ausüben kann, wollen wir zu dem 2:ten Theile unserer Aufgabe, der Frage nach der Wirkungsweise des Paraglobulins übergehen.

II. IN WELCHER WEISE KANN DIE UNZWEIFELHAFTE UND UNBESTRITTENE EINWIRKUNG DES PARAGLOBULINS AUF DIE FASERSTOFFGERINNUNG ERKLÄRT WERDEN?

§ 1. Über die Einwirkung der Alkalien und der neutralen Salze auf die Faserstoffgerinnung.

Wir erinnern uns aus dem ersten Theile dieser Abhandlung, dass es gewisse Hydroceleflüssigkeiten giebt, welche nicht mit dem Fibrinfermente allein sondern erst durch Zusatz eines Gemenges von Paraglobulin und Ferment gerinnen. Diese Flüssigkeiten enthalten nach SCHMIDT kein

Digitized by Google

Paraglobulin und gerade in diesem Umstande hätte man nach Ihm die Ursache ihrer Nichtgerinnbarkeit zu suchen. Nachdem ich aber gefunden hatte, erstens, dass diese Flüssigkeiten nach der Neutralisation mit einer Säure sowie beim Zusatz von $CaCl_2$ oder von Casein ihre Gerinnbarkeit wieder erlangen, und, zweitens, dass das Paraglobulin für die Faserstoffgerinnung nicht nothwendig ist, war es nothwendig nach einer anderen Erklärung zu suchen.

Dass die fraglichen Hydroceleflüssigkeiten wirklich etwas Fibrinogen enthalten, geht ganz unzweifelhaft daraus hervor, dass sie unter den oben genannten Verhältnissen mit der Fermentlösung gerinnen. Es muss ihnen also entweder ein für die Gerinnung nothwendiger Stoff fehlen, oder es muss in ihnen irgend ein, die Gerinnung hemmender, Stoff enthalten sein. Die erste dieser Annahmen wird schon dadurch unwahrscheinlich, dass die Hydroceleflüssigkeiten durch sehr verschiedenartige Einflüsse, wie durch Neutralisation, durch Zusatz von $CaCl_2$, Casein oder Paraglobulin, ihre Gerinnbarkeit wieder erlangen; denn es lässt sich nicht denken, dass diese, sehr ungleichartigen Stoffe einander in einer chemischen Verbindung vertreten können. Es gewinnt hierdurch also die zweite Annahme an Wahrscheinlichkeit.

Über diese Möglichkeiten könnte vielleicht in der Weise experimentell entschieden werden, dass man die fibrinogene Substanz aus der Hydroceleflüssigkeit zu isoliren versuchte und ihr Verhalten zu einer Fermentlösung prüfte. Wenn es nämlich möglich wäre, aus einer mit der Fermentlösung nicht gerinnenden Hydroceleflüssigkeit ein mit derselben Fermentlösung gerinnendes Fibrinogen zu isoliren, wäre dadurch auch der Beweis geliefert, dass die Gerinnung dieser Hydroceleflüssigkeit durch gewisse in ihr vorhandenen Stoffe verhindert worden.

Dieser Vorschlag stösst nur auf die Schwierigkeit, dass überhaupt alle Hydroceleflüssigkeiten und — so weit meine Erfahrungen reichen — besonders die mit der Fermentlösung allein nicht gerinnenden, so arm an Fibrinogen sind, dass man eine ziemlich grosse Flüssigkeitsmenge in Arbeit nehmen muss. Nichtsdestoweniger habe ich diesen Weg eingeschlagen. Ich schlug das Fibrinogen, wie gewöhnlich, mit NaCl-Lösung nieder, brachte den Niederschlag auf ein Filtrum, wusch mit gesättigter NaCl-Lösung nach, presste dann aus und löste in einer verhältnissmässig geringen Menge destillirten Wassers. In dieser Weise ist es mir 2 Mahl gelungen aus nicht gerinnenden Hydroceleflüssigkeiten Fibrinogenlösungen darzustellen, welche bei Zimmerwärme mit der Fermentlösung zu einem sehr festen Kuchen gerannen.

Digitized by Google

Diese Versuche zeigen also unzweideutig, dass die Hydroceleflüssigkeiten, wenigstens in gewissen Fällen, Stoffe enthalten, welche die Faserstoffgerinnung verhindern können, und sie machen es weiter wahrscheinlich, dass diese gerinnungshemmende Wirkung durch die obengenannten Zusätze aufgehoben wird.

Diese gerinnungshemmenden Bestandtheile der Hydroceleflüssigkeiten könnten vielleicht nur zufällige sein. Es könnten doch auch bisweilen einige normale, gerinnungshemmende Bestandtheile dieser Flüssigkeiten abnorm vermehrt sein, und zwar absolut oder relativ, in welch letzterem Falle bei einem normalen Gehalte der Flüssigkeit an den fraglichen Stoffen die Menge des Fibrinogens vermindert sein würde.

Bevor wir weiter gehen bleibt es also nöthig zu erforschen, ob die Hydroceleflüssigkeiten unter normalen Verhältnissen Stoffe enthalten, welche auf die Gerinnung störend einwirken können.

Von den Stoffen, welche, so weit unsere bisherigen Erfahrungen reichen, auf die Gerinnung störend einwirken können, enthalten die Hydroceleflüssigkeiten zwei, das Alkali und die Salze. Die Menge dieser Bestandtheile ist allerdings eine so geringe, dass es fraglich ist, ob sie überhaupt hier in Betracht kommen können; aber die Menge des Fibrinogens in diesen Flüssigkeiten ist ebenfalls eine geringe, und übrigens haben wir schon oben geschen, dass schon der geringe, normale Gehalt der Hydroceleflüssigkeiten an Alkali genügt, um die Gerinnung sogar vollständig zu verhindern. In dem Versuche N:o 3 (Tab. 3), haben wir nämlich gesehen, dass in einer mit dem Fermente allein nicht gerinnenden Hydroceleflüssigkeit nach der Neutralisation mit Schwefelsäure die Gerinnung von Statten ging.

Die Einwirkung der Alkalien und der Salze auf die Faserstoffgerinnung muss also Gegenstand einer experimentellen Prüfung werden, um so mehr, als wir nach den, in dem ersten Theile dieser Abhandlung gemachten Erfahrungen eine neue Erklärung für diese Einwirkung suchen müssen.

Nach der Ansicht von AL. SCHMIDT sollen die Alkalien und Salze die Gerinnung in der Weise stören, dass sie die fibrinoplastische Substanz in Lösung halten. In dem Masse nämlich, als man die Lösungsmittel dieses Stoffes in einer gerinnenden Flüssigkeit vermehrt, nimmt die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes ab, und diess soll nach SCHMIDT[1]) daher rühren, dass der bei der Entstehung des Faserstoffes sich mitbetheiligende Summand der fibrinoplastischen Substanz dadurch vermindert, der in Lö-

[1]) L. c. *Pflügers Archiv Bd. 6.*

Digitized by Google

sung bleibende Summand dagegen vermehrt, werde. Nachdem wir aber gefunden haben, dass der Faserstoff nicht durch eine chemische Verbindung des Paraglobulins und des Fibrinogens entsteht, kann diese Ansicht nicht mehr aufrecht erhalten werden, vor Allem nicht, wenn es sich zeigen würde, dass die Gerinnung auch in einer paraglobulinfreien, fermenthaltigen Fibrinogenlösung durch Zusatz von Alkalien oder Salzen verhindert werden könnte. Diess ist in der That auch der Fall. Durch Zusatz von einer sehr geringen Alkalimenge kann dem Gerinnen einer reinen, paraglobulinfreien Fibrinogenlösung gänzlich vorgebeugt werden, und durch Zusatz von 3—4 % $CaCl_2$ oder NaCl kann die Ausscheidung des Faserstoffes, je nach dem Gehalte der Flüssigkeit an Fibrinogen, vollständig oder zum grössten Theile verhindert werden.

Es müssen also die Alkalien und die Salze in einer noch nicht bekannten Weise auf die Gerinnung störend einwirken, und da, wie wir oben gesehen haben, für das Zustandekommen der Gerinnung nur 2 Stoffe, das Fibrinogen und ein anderer, in der Fermentlösung enthaltener, noch nicht näher studirter Stoff nothwendig sind, müssen die Alkalien (resp. die Salze) entweder auf das Ferment oder auf das Fibrinogen oder endlich auf das entstandene Faserstoff einwirken.

Eine Wirkung der Alkalien auf das Ferment kann nicht in Abrede gestellt werden. Die Gerinnung wird nämlich durch Zusatz von Alkalien bedeutend verzögert oder, wenn sie in einer grösseren Menge vorhanden sind, gänzlich aufgehoben. Neutralisirt man das Alkali, so tritt die Gerinnung nach einiger Zeit wieder ein (wenn nämlich nicht zu viel Alkali zugesetzt worden ist) und das Ferment ist also nicht zerstört, sondern dessen Einwirkung nur verhindert worden. Die Einwirkung der Alkalien beschränkt sich indessen nicht auf das Ferment allein, denn das Alkali wirkt nicht nur auf die Gerinnungsgeschwindigkeit sondern auch auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes ein, und nur die erstere Einwirkung hängt nach SCHMIDT von der Menge des Fermentes ab, während die letztere davon unabhängig sein soll. Die Menge des in einer alkalischen Fibrinogenlösung ausgeschiedenen Faserstoffes nimmt nämlich mit einem steigenden Gehalte an Alkali allmählich ab, und das Alkali muss also nicht nur auf das Fibrinferment sondern auch auf das Fibrinogen oder das Fibrin einwirken. Eine derartige doppelte Einwirkung üben auch die Salze aus; durch sie wird nicht nur die Gerinnung verzögert sondern auch die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes bedeutend vermindert.

Dass ein Zusatz von etwa 3—4 % $CaCl_2$ oder NaCl die Gerinnung in einer paraglobulinfreien Fibrinogenlösung bedeutend verzögern kann, ist

Digitized by Google

leicht zu beobachten, aber es ist von einem nicht unbedeutenden Interesse, dass — wie wir bald sehen werden — selbst bei einer vollständig verhinderten Gerinnung eine unzweifelhafte Einwirkung des Fermentes auf das Fibrinogen dennoch nachgewiesen werden kann. Die hierher gehörenden Versuche können erst etwas später angeführt werden, aber man kann übrigens durch Verdünnung der salzreichen Fibrinogen- Fermentlösung mit Wasser die Gerinnung wieder hervorrufen, und das Ferment wird also durch die Salze nicht zerstört sondern dessen Einwirkung höchstens etwas verzögert. Dass der Salzgehalt einer Fibrinogenlösung auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes einen grossen Einfluss üben kann, lässt sich am einfachsten dadurch zeigen, dass man gleich grosse Proben derselben Fibrinogenlösung mit gleich grossen Fermentmengen, aber mit steigenden Salzmengen versetzt. Die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes wird dann mit dem steigenden Salzgehalte vermindert, und durch Zusatz von 3 – 4 % $CaCl_2$ konnte ich in den meisten Fällen die Ausscheidung des Faserstoffes gänzlich verhindern. Es müssen also auch die Salze entweder auf das Fibrinogen oder auf das entstandene Fibrin einwirken können.

Die Alkalien wie die Salze wirken also einerseits auf die Gerinnungsgeschwindigkeit und andererseits auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes ein. Das Paraglobulin übt ebenfalls eine derartige, aber entgegengesetzte, Wirkung aus; während nämlich die Alkalien und die Salze die Gerinnung verzögern und die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes vermindern, wird dagegen durch das Paraglobulin die Gerinnung beschleunigt und die Menge des Faserstoffes vermehrt. Die erstgenannte dieser Wirkungen des Paraglobulins rührt doch von dem verunreinigenden Fermente her; sie ist also keine wahre Paraglobulinwirkung, und es ist also hauptsächlich nur die Wirkung dieses Eiweissstoffes auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes, welche noch einer Erklärung harrt.

Aus diesem Grunde muss auch unseres Streben vorzugsweise dahin gerichtet werden, die Wirkung der Alkalien und Salze auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes zu erklären; denn wenn wir einmal in Bezug auf diese Frage klare Kenntniss erlangt haben, werden wir hoffentlich auch über die Wirkung des Paraglobulins auf die Faserstoffgerinnung und vor Allem über dessen Einfluss auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes wichtige Aufschlüsse gewinnen.

Nimmt man in Übereinstimmung mit der Ansicht von AL. SCHMIDT [1]) an, dass das Fibrinferment nur auf die Geschwindigkeit der Gerinnung,

[1]) L. c. *Pflügers Archiv Bd. 6.*

Digitized by Google

nicht aber auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes einwirke, so muss die Wirkung der Alkalien und Salze auf die Fibrinmenge in einer Einwirkung dieser Stoffe auf das Eiweiss selbst gesucht werden. Eine Einwirkung dieser Stoffe auf das Eiweiss könnte wiederum in verschiedener Weise sich geltend machen. Betrachtet man das Fibrinogen und den Faserstoff als 2 verschiedene Eiweisskörper — und diese Ansicht ist wie wir bald sehen werden die richtigste — so können die Alkalien und Salze entweder auf das Fibrinogen oder auf das Fibrin einwirken. Im ersteren Falle, würde die fibrinogene Substanz durch Alkalien oder Salze derart verändert werden, dass sie nicht mehr in Fibrin übergehen könnte; im letzteren Falle dagegen würde das Fibrinogen allerdings in Fibrin übergeführt werden, aber dieses Fibrin bliebe durch die Alkalien oder Salze in Lösung gehalten und die Gerinnung dadurch verhindert. Betrachtet man dagegen das Fibrinogen und das Fibrin als identische Eiweisskörper und fasst man jenes nur als lösliches oder gelöstes Fibrin auf, so kann nur die letzgenannte Möglichkeit in Betracht kommen; es kann in diesem Falle nur von einem verhinderten Ausfällen des Fibrins durch die Salze und Alkalien die Rede sein.

Man muss also hier über 2 Möglichkeiten entscheiden; entweder wird das Fibrinogen durch die Alkalien, resp. die Salze, in einen nicht gerinnenden Eiweisskörper verwandelt, oder das Fibrin, gleichgiltig ob es aus dem Fibrinogen gebildet wird oder præformirt vorhanden ist, wird durch diese Stoffe in Lösung gehalten und das Gerinnen der Flüssigkeit dadurch verhindert.

Die Möglichkeit einer Umwandlung des Fibrinogens in einen nicht gerinnenden Eiweisskörper durch die Einwirkung von Alkalien kann, wenn die letzteren in grösserer Menge vorhanden sind, wie ich glaube, nicht in Abrede gestellt werden. Wenigstens habe ich einige Untersuchungen gemacht, welche für eine derartige Umwandlung sprechen; da aber diese Untersuchungen noch nicht beendigt sind, werde ich erst in einer 2:ten Abhandlung auf diese Frage etwas ausführlicher eingehen. Es kann diess um so mehr ohne Schaden geschehen, als es für unsere gegenwärtige Aufgabe genügend ist zu wissen, dass die kleinen Alkalimengen, welche genügen, um die Gerinnung vollständig zu verhindern, nicht in merkbarer Weise auf das Fibrinogen verändernd einwirken. Man überzeugt sich am einfachsten davon in der Weise, dass man die wegen der Anwesenheit des Alkalis gar nicht gerinnende Fibrinogenlösung mit einer Säure neutralisirt. Nach der Neutralisation gerinnt die Flüssigkeit zu einem festen Kuchen,

Digitized by Google

und die fibrinogene Substanz ist also nicht durch das Alkali in einen nicht gerinnenden Eiweisskörper verwandelt worden.

Diese Versuche sind indessen nicht immer leicht ausführbar. Wir werden bald sehen, dass der Faserstoff leicht in Lösung gehalten werden kann, und ausserdem, dass der gelöste Faserstoff durch das Alkali in einen von dem Fibrin und dem Fibrinogen verschiedenen Eiweisskörper verwandelt wird. Aus diesem Grunde können die Resultate etwas wechseln, Täuschungen sind oft möglich, und ich muss desshalb, wie oben gesagt, in einer anderen Abhandlung auf die Wirkung der Alkalien etwas näher eingehen. Dass indessen ein Alkaligehalt, welcher gerade genügt, um die Gerinnung zu verhindern, nicht genügend ist, um das Fibrinogen in einen nicht gerinnenden Eiweisskörper zu verwandeln, kann in der obengenannten Weise leicht gezeigt werden, und es haben übrigens schon andere Forscher (AL. SCHMIDT, EICHWALD) gezeigt, dass fibrinöse Flüssigkeiten, welche eines Zusatzes von Alkali halber nicht gerinnen, nach der Neutralisation ihre Gerinnbarkeit wieder erlangen.

Dass die gerinnungshemmende Einwirkung der Salze nicht in einer chemischen Veränderung des Fibrinogens ihren Grund hat, geht aus vielen Beobachtungen hervor. Wir wissen also beispielsweise, dass das Blut oder Blutplasma durch Zusatz von einer genügenden Salzmenge über acht Tage aufbewahrt werden kann, ohne zu gerinnen. Sobald wir aber das Blut mit Wasser verdünnen gerinnt es nach kürzerer oder längerer Zeit, und aus dem Plasma können wir ein gerinnendes Fibrinogen darstellen. Es könnten noch andere Beweise angeführt werden, aber das schon Gesagte möchte genügend sein. und wir werden übrigens bald mit einem Versuche bekannt werden, welcher in dieser Hinsicht entscheidend ist. Die Salze wirken also nicht auf das Fibrinogen verändernd ein, sondern sie scheinen vielmehr in irgend einer Weise auf die Ausscheidung des Faserstoffes hemmend einwirken.

Gegen diese Behauptung könnte vielleicht eingewendet werden, dass die fibrinogene Substanz doch, wie ich oben angegeben habe, durch wiederholtes Ausfällen mit Salzen ihre Gerinnbarkeit allmählich verlieren kann. Diese Einwendung trifft indessen hier nicht zu, denn es ist nicht bewiesen, dass die Gerinnbarkeit unter diesen Verhältnissen durch die Salze zerstört werde. Es ist vielmehr möglich, dass das Fibrinogen durch das abwechselnde Ausfällen und Wiederauflösen sowie durch die dabei unvermeidliche Berührung mit der atmosphærischen Luft eine Veränderung erfahren habe, oder auch, dass durch das wiederholte Ausfällen einige, für die Gerinnung nothwendige Mineralbestandtheile verloren gehen. Diese Einwendung

Digitized by Google

ist also hinfällig, und übrigens kann man sich leicht davon überzeugen, dass die (gerinnbare) fibrinogene Substanz sogar eine ganze Woche in Salzlösung, von etwa 5 % NaCl, aufbewahrt werden kann, ohne in merkbarer Weise sich zu verändern.

Die Salze wirken also nicht auf das Fibrinogen zerstörend oder verändernd ein, und dasselbe gilt, wie wir oben gesehen haben, auch von den Alkalien, wenn sie nicht etwa in ungewöhnlich grosser Menge vorhanden sind. Es müssen also die Alkalien und die Salze unter gewöhnlichen Verhältnissen wahrscheinlich in der Weise einwirken, dass sie den Faserstoff in Lösung halten und das Gerinnen der Flüssigkeit dadurch verhindern.

Es fragt sich also, ob wir auch wirkliche Beweise für diese Annahme herbeiführen können, und diess führt uns wieder zu der Frage nach der Löslichkeit des Faserstoffes in Alkalien und Salzen.

Wir haben schon oben gesehen, dass das einmal ausgeschiedene Fibrin in Salzen, und zwar in sehr schwachen Salzlösungen, sich wiederauflösen kann. In alkalischen Flüssigkeiten geschieht diese Auflösung noch rascher, und in beiden Fällen wird sie durch einen, das Paraglobulin verunreinigenden Stoff bewirkt. Bisweilen habe ich auch beobachtet, dass der in einer Hydrocele-oder Pericardial-Flüssigkeit gebildete Faserstoff im Laufe von etwa 12 Stunden bei Zimmerwärme sich vollständig wiederauflöste, ohne dass Spuren einer beginnenden Fäulniss dabei merkbar waren, und vielleicht wurde das Wiederauflösen in diesen letzteren — wie in den schon oben besprochenen — Fällen durch einen im Blutserum und den Transsudaten enthaltenen, fermentartigen Stoff bewirkt.

Diese Wiederauflösung des Faserstoffes hat also mit dem Gerinnungsvorgange gar nichts zu thun; sie rührt vielmehr gewissermassen von einem abnormen Vorgange her, und sie kann jedenfalls gar nicht für die Erklärung der gerinnungshemmenden Einwirkung der Alkalien und Salze verwerthet werden. Im Gegentheil muss man dieses Wiederauflösen möglichst sorgfältig vermeiden, und aus diesem Grunde habe ich einige, bald anzuführenden Versuche mit paraglobulinfreien Fibrinogen- und Fermentlösungen angestellt.

Es kam also zunächst darauf an zu entscheiden, ob der Faserstoff auch bei Abwesenheit von dem, das Paraglobulin verunreinigenden, fermentartigen Stoffe in Alkalien und Salzen löslich sei, und wir wollen zuerst zu der Löslichkeit in Alkalien übergehen.

Digitized by Google

§ 2. *Über die Löslichkeit des Fibrins in Alkalien bei Abwesenheit von einem besonderen, das Fibrin verunreinigenden, fibrinlösenden, fermentartigen Stoffe.*

Die Frage nach der Löslichkeit des Fibrins in Alkali kann nicht ohne Weiteres bejahend oder verneinend beantwortet werden, denn der Faserstoff verhält sich in Bezug auf die Löslichkeit unter verschiedenen Verhältnissen etwas verschieden. Der reine, aus einer neutralen, reinen Fibrinogenlösung ausgeschiedene Faserstoff ist nach dem Auswaschen mit Wasser ebenso unlöslich in Alkalien, wie das in gewöhnlicher Weise aus dem Blute erhaltene Fibrin. Der Faserstoff dagegen, welcher in einer alkalischen Fibrinogenlösung entsteht, hat nicht nur ein etwas anderes Aussehen, sondern er ist auch in Alkalien löslich. Dieser Unterschied wird vielleicht am besten ersichtlich werden, wenn ich aus meinen Versuchsprotokollen als Beispiel einen Versuch mit einer reinen Fibrinogenlösung anführe.

Eine reine, neutrale, paraglobulinfreie Fibrinogenlösung wurde mit dem gleich grossen Volumen einer ebenfalls neutralen Fermentlösung versetzt und dann in 2 gleich grosse Proben, auf je 80 Cc, getheilt. Die eine Probe, *A*, blieb neutral, während die andere, *B*, mit so viel einer (höchst verdünnten) Natronlauge versetzt wurde, dass diese Probe ein wenig stärker alkalisch reagirte, als ein gleichzeitig beobachtetes normales Pferdeblutserum [1]). Dann wurden beide Proben bei Zimmerwärme beobachtet. Die Probe *A* gerann innerhalb 30 Minuten, die (alkalische) Probe *B* dagegen erst nach Verlauf von 3 ½ Stunden, und dieser Versuch kann also als Beleg für die gerinnungsverzögernde Wirkung der Alkalien dienen. In den nächsten 4—5 Stunden traten in den beiden Proben wiederholt neue Gerinnsel auf, aber die Menge des Faserstoffes war in *A*, dem Anscheine nach, eine bedeutend grössere als in *B*. Am folgenden Morgen, nach Verlauf von etwa 20 Stunden, war die Faserstoffmenge in den beiden Proben ein wenig vermehrt worden, aber die Gerinnung war auch in beiden — wie es bei einer besonderen Prüfung sich herausstellte — vollständig abgelaufen. Das Fibrin in *A* bildete sehr feste, weisse, undurchsichtige Klümpchen, während das Fibrin in *B* dagegen aus grossen, gequollenen, gallertartigen, durchsichtigen Flocken bestand. Nach Verlauf von 27 Stunden hatte der unverhältnissmässig grösste Theil des Faserstoffes in *B* bei Zimmerwärme sich vollständig aufgelöst, und nach 31 Stunden enthielt diese Probe nur eine schwach opalisirende Flüssigkeit, welche unverändert durch das Filtrum ging. In der Probe *A* dagegen war nach Verlauf von derselben Zeit nicht

[1]) Der Gehalt der Versuchsflüssigkeit an Alkali war 0,105 % NaOH.

Digitized by Google

die geringste Spur einer Auflösung des Faserstoffes sichbar, und nachdem diese Probe 48 Stunden bei Zimmerwärme gestanden hatte, ohne dass eine merkbare Auflösung des Fibrins sichtbar geworden, wurde der Faserstoff herausgenommen, mit Wasser gewaschen und dann mit einer alkalischen Flüssigkeit, von dem Alkaligehalte der Probe *B*, bei Zimmerwärme digerirt. Es löste sich dabei im Laufe von 24 Stunden nicht die geringste Spur des Faserstoffes auf.

In keiner Probe waren in diesem Falle Spuren von Paraglobulin vorhanden, und der einzige Unterschied bestand darin, dass die eine Probe, *A*, neutral, die andere, *B*, dagegen alkalisch reagirte. In jener war der gebildete Faserstoff in Alkalien nicht löslich, in dieser war er dagegen schon vom Anfange an bedeutend lockerer und er löste sich allmählich in der alkalischen Flüssigkeit wieder auf. Die lockere Beschaffenheit, so wie die Wiederauflösung des Faserstoffes in dieser Probe musste also von der Anwesenheit des Alkalis herrühren.

Es unterliegt also keinem Zweifel, dass der Faserstoff auch bei Abwesenheit von dem fibrinlösenden, fermentartigen Stoffe durch das Alkali wiederaufgelöst werden kann, und es wird desshalb höchst wahrscheinlich, dass der Faserstoff auch in dem Entstehungsaugenblicke von dem Alkali, wenigstens zum Theil, in Lösung gehalten wird. Diess ist in der That auch der Fall, und ich werde sogleich einige Versuche anführen, welche die Richtigkeit dieser Behauptung zeigen.

Wegen der Fähigkeit des Alkalis den Faserstoff wiederaufzulösen, könnte man eine derartige Auflösung auch in dem Falle erwarten, wenn die Gerinnung einer neutralen Fibrinogenlösung durch Zusatz von alkalisch reagirendem Blutserum eingeleitet wurde. Diess scheint indessen nicht der Fall zu sein. Wenigstens habe ich ein derartiges Auflösen bei Zusatz von normalem, paraglobulinhaltigen Pferdeblutserum nicht beobachten können. Dagegen tritt ein Wiederauflösen, resp. ein verhindertes Ausfällen des Fibrins ein, wenn man den Gehalt des Serums an Alkali vermehrt, und zwar absolut oder relativ. Eine relative Vermehrung des Alkaligehaltes tritt ein, wenn man das Paraglobulin durch Zusatz von einer titrirten Säure aus dem verdünnten Serum fällt, dann die zugesetzte Säure mit einer entsprechenden Menge eines titrirten Alkalis neutralisirt und zuletzt das verdünnte Serum durch Concentration auf das ursprüngliche Volumen zurückbringt. Ein so gewonnenes, paraglobulinfreies Serum, welches etwas freies, oder richtiger kein an Paraglobulin gebundenes, Alkali enthält, hat nicht nur die Eigenschaft das ausgeschiedene Fibrin wieder aufzulösen, resp. ein vollständiges Ausfällen des Faserstoffes zu verhindern, sondern es verwandelt

Digitized by Google

wahrscheinlich auch das gelöst gebliebene Fibrin in einen Körper, welcher bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens unzweifelhaft als Paraglobulin anzusehen ist.

Die Wichtigkeit dieser Angaben für die Frage nach der Bedeutung des Paraglobulins bei der Gerinnung ist einleuchtend, und aus diesem Grunde müssen wir bei den hierher gehörenden Versuchen ein wenig verweilen.

§ 3. *Über die Wiederauflösung, resp. die verhinderte Ausscheidung des Faserstoffes, bei Anwesenheit von paraglobulinfreiem Serum, nebst einigen Beobachtungen über die Entstehung eines paraglobulinähnlichen Eiweisskörpers bei der Gerinnung.*

Um diese Einwirkung des Serums zu zeigen, möchte es am besten sein hier 2 Versuche sogleich anzuführen.

Versuch I. 200 Cc Pferdeblutserum wurden mit Wasser bis zu 1989 Cc verdünnt und dann mit 11 Cc einer 5,7-procentigen Essigsäure versetzt. Nach Verlauf von 24 Stunden, während welcher das verdünnte Serum bei etwa + 1° Celsii in einem bedeckten Gefässe ruhig gestanden hatte, wurde die Flüssigkeit durch Decantation von dem Paraglobulinniederschlage getrennt und durch mehrfache Filtren wiederholt, bei + 3 à + 4° Celsii, filtrirt. Es konnte doch kein vollkommen wasserhelles Filtrat erhalten werden, und aus diesem Grunde wurde die Flüssigkeit wiederum während 24 Stunden an einem kühlen Orte aufbewahrt und zuletzt wiederholt filtrirt, bis ein vollkommen wasserhelles Filtrat erhalten wurde. Von diesem Filtrate wurden 1000 Cc (entsprechend 100 Cc des ursprünglichen Serums) abgemessen und mit einer der zugesetzten Essigsäure entsprechenden Menge titrirter Natronlauge versetzt.

Es kam nun darauf an, diese ziemlich grosse Flüssigkeitsmenge auf das ursprüngliche Volumen — zurückzuführen. Es konnte diess nicht im Vacuo geschehen, und ebenso wenig konnte daran gedacht werden, die Flüssigkeit bei einer niedrigen Temperatur zu concentriren. Ich schlug desshalb ein anderes Verfahren ein, ich liess die Flüssigkeit unter stätem Umrühren gefrieren. Wenn man bei einer sehr niedrigen Temperatur arbeitet, damit die Flüssigkeit sehr rasch gefriere, kann man durch stätiges Umrühren während des Gefrierens das gebildete Eis so fein zerrühren, dass es fast nur aus Wasser besteht und nur sehr wenig von der Mutterlauge einschliesst. Colirt man von dem gebildeten Eise durch Leinwand ab, presst aus, lässt das Filtrat wiederum gefrieren, colirt und wie-

Digitized by Google

derholt dieses Verfahren genügend oft, so können ziemlich grosse Flüssigkeitsmengen in kurzer Zeit auf ein sehr kleines Volumen gebracht werden. In diesem Versuche konnte ich also beispielsweise bei einer Lufttemperatur von — 23° Celsii die 1000 Cc im Laufe von 1½ Stunden unter fast ununterbrochenem Umrühren auf 50 Cc concentriren. Es ist selbstverständlich, dass in dieser Weise stäts ein Theil des verdünnten Serums verloren geht und dass, in Folge dessen, das durch Concentration zurückgewonnene Serum etwas ärmer an Alkali als das ursprüngliche sein muss. Diess schadet indessen nicht, denn der Versuch wird noch schlagender, wenn er gelingt, trotzdem, dass eine nicht unbedeutende Menge des Serumalkalis verloren gegangen ist. Übrigens sind die Verluste im Allgemeinen nicht sehr gross, wenn nur das Gefrieren so rasch geschieht, dass das gebildete Eis sehr fein zerrührt und ausgepresst werden kann. Man sieht diess am besten, wenn man mit einem stark hæmoglobinhaltigen Serum arbeitet; das Eis ist fast farblos, während das Filtrat nach jedem Gefrieren immer gefärbter wird. Diese Methode, die Flüssigkeiten durch Gefrierenlassen zu concentriren, hat übrigens den grossen Vortheil, dass man jeder Zersetzung mit Sicherheit vorbeugen kann.

Es giebt auch eine andere, von AL. SCHMIDT [1]) angegebene Methode ein paraglobulinfreies Serum darzustellen. Er schlägt entweder das Paraglobulin mit NaCl in Substanz nieder, filtrirt und dialysirt das erhaltene Filtrat, oder er dialysirt zuerst und filtrirt dann von dem ausgeschiedenen Paraglobulin ab, und in beiden Fällen erhält er ein paraglobulinfreies Serum. Diese Methode habe ich nicht versucht, erstens aus dem Grunde, dass mir diese Angabe AL. SCHMIDTS erst dann bekannt wurde, wenn meine Untersuchungen für diessmal fast beendigt waren, und andererseits, weil diese Methode für meinen Zweck nicht brauchbar war. Durch das Dialysiren erhält man nämlich allerdings ein paraglobulinfreies Serum, aber dieses Serum reagirt neutral und hat durch die Dialyse auch sein Alkali verloren. Ich glaube also, dass, sobald es sich um ein alkali- und salzhaltiges Serum sowie um grosse Flüssigkeitsmengen handelt, welche weder im Vacuo noch bei Körperwärme concentrirt werden können, die von mir angewendete Methode die einfachste ist.

Nach diesen Bemerkungen kehren wir zu dem Versuche wieder.

Nachdem ich das Volumen des verdünnten Serums durch wiederholtes Gefrierenlassen auf 50 Cc (entsprechend 100 Cc des ursprünglichen

[1]) AL. SCHMIDT: Untersuchung des Eiereiweisses und des Blutserum durch Dialyse. *Beitræge zur Anatomie und Physiologie als Festgabe Carl Ludwig gewidmet* etc. Leipzig 1875.

Digitized by Google

Serums) concentrirt hatte, wurden 25 Cc davon zu dem Versuche mit der Fibrinogenlösung abgemessen, und der Rest zur Prüfung auf die An- resp. die Ab-wesenheit von Paraglobulin verwendet. Diesen Rest des concentrirten Serums wollen wir der Einfachheit halber als Serum *1* bezeichnen.

Die zu dem Versuche zu verwendende Fibrinogenlösung wurde in der oben angegebenen Weise mit NaCl auf die Anwesenheit von Paraglobulin geprüft, und nachdem ich die vollständige Abwesenheit dieses Eiweisskörpers constatirt hatte, wurden 25 Cc der Fibrinogenlösung mit den schon vorher abgemessenen 25 Cc des von Paraglobulin befreiten, concentrirten Serums gemischt. In dieser Weise erhielt ich (da 25 Cc des concentrirten Serums 50 Cc des ursprünglichen entsprachen) ein Gemisch von Fibrinogenlösung und Serum, welches etwa denselben Alkaligehalt wie das ursprüngliche Serum besass. Zu diesem Gemische wurde keine Lösung des Fibrinfermentes gesetzt, denn einerseits hatte ich schon früher beobachtet, dass das concentrirte, paraglobulinfreie Serum noch eine für die Gerinnung genügende Menge des fermentartigen Stoffes enthält, und andererseits wollte ich den Versuch so wenig als möglich compliciren.

Zur Controle nahm ich von derselben Fibrinogenlösung andere 25 Cc, welche mit 25 Cc einer paraglobulinfreien Fermentlösung vermischt wurden, und ich hatte also die folgenden 2 Proben:

A 25 Cc Fibrinogenlösung	*B* 25 Cc Fibrinogenlösung
25 Cc Serum	25 Cc Fibrinfermentlösung

Der Versuch wurde bei Zimmerwärme + 12 à + 16° Celsii ausgeführt.

Die Gerinnung trat in *A* nach Verlauf von 13 und in *B* nach Verlauf von 30 Minuten ein. Während der nächsten 5 Stunden traten wiederholt neue Gerinnungen in den beiden Proben ein, und die Menge des Faserstoffes war, dem Anscheine nach, in beiden ungefähr dieselbe. Dagegen hatte der Faserstoff in den beiden Proben nicht dasselbe Aussehen. Nach dem Umrühren war er in *A* gallertartig und sehr stark gequollen, während er in *B* dagegen aus festeren, weisslichen, undurchsichtigen Klümpchen bestand. Im Laufe der folgenden Nacht hatte in jeder Probe eine unbedeutende Faserstoffmenge sich gebildet, aber nach Verlauf von 21 Stunden schien die Gerinnung in beiden Proben beendigt zu sein. Nach Verlauf von 25 Stunden war die Menge des Faserstoffes in der Probe *A* scheinbar ein wenig vermindert und nach 30 Stunden war der unverhältnissmässig grösste Theil des Faserstoffes in *A* unzweifelhaft wieder aufgelöst, während in der Probe *B* nicht die Spur einer Auflösung des Faserstoffes bemerkt werden konnte. Nun wurde der Versuch beendigt, der Faserstoff heraus-

Digitized by Google

genommen, ausgepresst, mit Wasser gewaschen, getrocknet und gewogen. (Dieses Verfahren konnte doch nur in der Probe *B* in Anwendung gebracht werden, denn der Faserstoff in *A* war so gallertartig und schlüpfrig, dass er ohne Verluste weder genau ausgepresst noch mit Wasser vollständig gewaschen werden konnte. Er wurde desshalb direkt auf ein gewogenes Filtrum gesammelt, so weit möglich gewaschen, getrocknet und gewogen. Das Gewicht dieses Faserstoffes wurde desshalb wahrscheinlich auch etwas zu hoch gefunden.

Nachdem der Faserstoff herausgenommen worden, wurden von dem in jeder Probe gewonnenen, neuen Serum 2 kleine Proben abgemessen. Die eine wurde mit einer Fermentlösung, die andere mit gewöhnlichem Serum versetzt, aber innerhalb 36 Stunden, während welcher die Hauptproben in Eis gestanden hatten, trat bei Zimmerwärme nicht einmal die Spur einer Gerinnung ein. Es war hierdurch also bewiesen, dass eine erschöpfende Gerinnung wirklich stattgefunden hatte.

Die Menge des bei 110° Celsii getrockneten Faserstoffes war,

in *A* = 0,023 Gm

in *B* = 0,102 Gm.,

und es enthielt also die alkalisch reagirende, serumhaltige Probe *A*, eine bedeutend kleinere Faserstoffmenge als die neutrale Controleprobe, *B*.

Durch die quantitative Bestimmung wurde also, in Übereinstimmung mit der schon während des Versuches gemachten Beobachtung, die Wiederauflösung eines sehr bedeutenden Theiles des ausgeschiedenen Faserstoffes durch das alkalische Serum unzweideutig gezeigt.

Wir gehen nun zu der Untersuchung des Serums über und wir wollen dabei das aus der Probe *A* nach der Gerinnung gewonnene Serum mit *2* bezeichnen.

Das Serum *1* wurde in folgender Weise auf die Anwesenheit von Paraglobulin geprüft. 10 Cc (welche also 20 Cc des ursprünglichen Serums entsprachen) wurden mit Wasser zu 200 Cc verdünnt und mit einem anhaltenden Kohlensäurestrome behandelt. Die Flüssigkeit wurde dabei etwas opalisirend, aber es entstand kein deutlicher Niederschlag. Ich verdünnte desshalb mit Wasser zu 400 Cc und leitete von Neuem Kohlensäure durch. Die Flüssigkeit wurde nun deutlich trübe, aber erst nach 36 Stunden war ein wirklicher, äusserst feiner, zum Boden sehr langsam sich senkender Niederschlag sichtbar. Ein anderer Theil des Serums wurde mit NaCl in Substanz versetzt, und auch in diesem Falle entstand eine sehr unbedeutende Trübung. In diesem Serum war also das Paraglobulin bis auf Spuren ausgefällt worden.

Digitized by Google

Von dem Serum *2* wurde zuerst eine kleine Probe genommen und mit dem zehnfachen Volumen Wasser verdünnt. Die Flüssigkeit wurde dabei sogleich trübe und beim Durchleiten von Kohlensäure entstand innerhalb einiger Minuten ein reichlicher, flockiger Niederschlag, welcher sich bald zum Boden setzte und eine ziemlich hohe Schicht bildete. Dieser Niederschlag löste sich mit der grössten Leichtigkeit in NaCl, Säuren und Alkalien auf und er bestand also aus einem dem Paraglobulin nahe verwandten Körper. Dass dieser Eiweisskörper kein Fibrin war, ging aus dessen leichten Löslichkeit hervor, und es blieb also nur zwischen dem Fibrinogen und dem Paraglobulin die Wahl übrig.

Für die Darstellung des Fibrinogens ist die beste Methode das Ausfällen mit NaCl, während man das Paraglobulin ebensogut mit einer Säure, nach vorhergegangener Verdünnung mit Wasser niederschlagen kann. Aus diesem Grunde theilte ich den Rest des Serum *2* in 2 Theile, fällte das Eiweiss aus dem einen durch Eintragen von NaCl in Substanz und aus dem anderen durch einen Kohlensäurestrom nach vorhergegangener starker Verdünnung mit Wasser. Das mit NaCl niedergeschlagene Eiweiss wurde in folgender Weise auf Fibrinogen geprüft. Der Niederschlag wurde auf ein Filtrum gesammelt, mit gesättigter NaCl-Lösung gewaschen, zwischen Fliesspapier ausgepresst und dann in einer geringen Menge destillirten Wassers gelöst. Von dieser Lösung wurde eine Probe genommen und mit einer reinen Fermentlösung oder mit frischem Pferdeblutserum gemischt, aber innerhalb 24 Stunden war noch nicht die geringste Spur einer Gerinnung sichtbar.

Der globulinartige Eiweisskörper, welcher nach beendigter Gerinnung in dem Serum *2* gefunden wurde, war also kein Fibrinogen, und es blieb nur noch übrig zu zeigen, ob er vielleicht Paraglobulin sein könnte. Zu dem Ende wurde der durch CO_2 erzeugte Niederschlag in Wasser — unter Zusatz von ein wenig NaCl — gelöst und diese Lösung mit einer reinen Fibrinogenlösung vermischt. Das Gemenge gerann innerhalb einiger Minuten zu einem festen Fibrinkuchen, und ein ebenso schönes Resultat wurde mit der Lösung von dem mit NaCl erzeugten Niederschlage erhalten.

Es enthielt also in diesem Versuche nach beendeter Gerinnung das Serum einen paraglobulinartigen, in NaCl, Säuren und Alkalien ausserordentlich leicht löslichen Eiweisskörper, dessen Lösung mit Serum nicht gerann, während sie dagegen in einer Fibrinogenlösung mit grosser Geschwindigkeit eine reichliche Faserstoffausscheidung hervorbrachte. Bei dem jetzigen Stande unseres Wissens könnte dieser Eiweisskörper vielleicht als Paraglobulin bezeichnet werden, und aus dem Versuche geht es also hervor, einerseits, dass der Faserstoff in dem alkalisch reagirenden, fast paraglo-

Digitized by Google

bulinfreien Serum wiederaufgelöst wird, und andererseits, dass in Folge der Gerinnung, vielleicht durch die Wiederauflösung des Faserstoffes, ein paraglobulinähnlicher Stoff entsteht.

Ich habe diesen Stoff nur als einen paraglobulinähnlichen bezeichnet, denn es ist selbstverständlich nicht bewiesen, dass er mit dem gewöhnlichen Paraglobulin identisch ist. Die fibrinoplastische Eigenschaft rührt nämlich von der Verunreinigung mit dem Fermente her, und es kann einem jeden Eiweisskörper, welcher mit dem Fermente verunreinigt ist, mit demselben Rechte den Namen fibrinoplastische Substanz gegeben werden. Eben so wenig wie die fibrinoplastische Eigenschaft berechtigen auch die Löslichkeitsverhältnisse zu der Annahme, dass der fragliche Stoff mit dem Paraglobulin identisch sei. Das Fibrinogen und das Paraglobulin haben nämlich fast dieselben Löslichkeitsverhältnisse, aber sie sind lange nicht identische Eiweissstoffe, und in derselben Weise verhält es sich mit dem unreinen Casein und dem Paraglobulin, dem reinen Casein und dem Alkalialbuminate u. s. w. Aus einer grossen Übereinstimmung in Bezug auf die Löslichkeit zweier Eiweissstoffe lässt sich also gar nicht folgern, dass die beiden Stoffe auch identische sind, denn in dieser Weise könnte man — da wir oben gesehen haben, dass auch andere Eiweisskörper (wie das Casein und das Alkalialbuminat) durch Verunreinigung mit Serumbestandtheilen [1]) in paraglobulinähnliche Stoffe übergehen — einer Menge höchst verschiedenartiger Eiweisskörper den Namen Paraglobulin geben. Da wir weder die Eigenschaften des reinen Paraglobulins noch die Natur der verunreinigenden Stoffe kennen, könnte man vielleicht auch auf Grund des oben gesagten den Namen Paraglobulin gänzlich aufgeben. Diess möchte indessen bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens kaum räthlich sein, denn es könnte dadurch die auf diesem Gebiete schon vorher herrschende Verwirrung vielleicht noch weiter vermehrt werden. Wenn man sich dagegen erinnert, 1:o), dass das Paraglobulin stäts von dem Fermente verunreinigt ist, 2:o), dass dieser Eiweisskörper für die Gerinnung gar nicht nothwendig ist, und, 3:o), dass er bei der Gerinnung durch andere paraglobulinähnliche Stoffe ersetzt werden kann, so möchte ich wohl kaum zu weit gehen, wenn ich den Vorschlag mache, man sollte den Namen "fibrinoplastische Substanz" gänzlich aufgeben und nur den Namen "Paraglobulin" gebrauchen.

Dass der paraglobulinähnliche, in dem Serum *2* gefundene Körper wirklich während der Gerinnung oder bei dem Wiederauflösen des Faser-

[1]) Auch durch Verunreinigung mit einigen, noch nicht näher untersuchten Bestandtheilen des flüssigen Hühnereiweisses kann der Käsestoff in einen globulinähnlichen Eiweisskörper verwandelt werden.

Digitized by Google

stoffes gebildet worden ist geht daraus hervor, dass die Menge dieses Eiweisskörpers im Verhältniss zu den in dem ursprünglichen Serum *1* vorhandenen Spuren von Paraglobulin eine sehr bedeutende war. Da das Serum *2* indessen deutlich nachweisbare Spuren von Paraglobulin enthielt, ist der Versuch nicht ganz vorwurfsfrei, und ich muss desshalb, um die Entstehung eines paraglobulinähnlichen Eiweisskörpers bei der Gerinnung (unter den obengenannten Verhältnissen) zu zeigen, noch einen Versuch anführen.

Versuch 2. Dieser Versuch wurde in derselben Weise wie der erste ausgeführt, aber das Serum wurde mit 20 Vol Wasser verdünnt und wiederholt filtrirt[1]), bis ein wasserhelles, beim Stehen nicht mehr sich trübendes Filtrat erhalten wurde. Dieses Filtrat wurde, nachdem die zugesetzte Essigsäure mit einem titrirten Alkali neutralisirt worden, durch Gefrierenlassen concentrirt, aber wegen der grossen Flüssigkeitsmenge (2000 Cc) und der höheren Lufttemperatur (— 7 à — 9° Celsii) konnte das Concentriren der Flüssigkeit erst im Laufe von 2 ½ Tagen zu Ende geführt werden. Es war dabei selbstverständlich nicht möglich stätig umzurühren, und es bildeten sich desshalb auch mehrmals, vor Allem während der Nächte, dünnere oder dickere Eismassen, welche nicht genügend fein zerrührt werden konnten. Aus diesem Grunde ging auch ein nicht unbedeutender Theil des verdünnten Serums verloren. Der Gehalt an Alkali war also in dem durch Concentration wiedergewonnenen Serum (selbstverständlich erst nach dem Zusammenmischen mit dem gleichen Volumen der neutralen Fibrinogenlösung) unzweifelhaft etwas kleiner als in dem ursprünglichen.

In dem concentrirten Serum (*1*) konnte kein Paraglobulin nachgewiesen werden. Nach Verdünnung mit dem 20—40-fachen Volumen Wasser wurde nämlich weder mit Essigsäure noch mit einem Kohlensäurestrome die geringste Spur einer Trübung erhalten; selbst nachdem die Flüssigkeit nach der Säurezusatz 48 Stunden an einem kühlen Orte gestanden hatte, war keine Trübung sichtbar, und dieses Resultat muss gewiss, selbst wenn man es nicht als einen Beweis für die absolute Abwesenheit von Paraglobulin gelten lässt, für unseren Zweck ein genügendes sein.

* 25 Cc dieses Serum wurden mit dem gleichen Volumen einer paraglobulinfreien Fibrinogenlösung gemischt. Nach beendigter Gerinnung wurde der Faserstoff herausgenommen und ausgepresst, und dann das wasserhelle Serum (*2*) untersucht. Dieses Serum enthielt nun, nach vollständig been-

[1]) Wie in dem vorigen Versuche wurde auch in diesem so weit möglich bei einer niedrigen Temperatur, + 0,5 à + 2° Celsii, gearbeitet.

Digitized by Google

digter Gerinnung, in ziemlicher Menge einen durch Kohlensäure oder Essigsäure, nach vorhergegangener Verdünnung mit Wasser, fällbaren Eiweisskörper, welcher die Eigenschaften des Paraglobulins hatte. Mit NaCl ausgeschieden und in Wasser gelöst gab er, mit Serum oder Fermentlösung versetzt, keinen Faserstoff. Mit Kohlensäure niedergeschlagen, war er ausserordentlich leicht löslich in NaCl-haltigem Wasser so wie in schwachen Säuren und Alkalien. Beim durchleiten von Sauerstoff löste sich nur ein Theil auf, aber in einer reinen Fibrinogenlösung leitete nicht nur der mit NaCl niedergeschlagene sondern auch der mit Kohlensäure oder Essigsäure gefällte Eiweisskörper eine schöne Faserstoffgerinnung ein.

Es mag hier auch bemerkt werden, dass das Serum *1* erst gleichzeitig mit dem Serum *2* untersucht wurde. Während der Zeit, welche zu dem Versuche nöthig war, wurde jenes in demselben Zimmer und übrigens unter denselben Verhältnissen wie das Gemisch von Fibrinogenlösung und Serum *1* aufbewahrt, und es handelte sich hier also nicht um eine während der zu dem Versuche nöthigen Zeit durch das Alkali hervorgebrachte Umwandlung des Serumeiweisses in einen albuminatähnlichen Körper. Der nach beendigter Gerinnung in dem Serum *2* gefundene, paraglobulinähnliche Körper muss also in irgend einer Weise ein Produkt der Faserstoffgerinnung sein.

Die beiden Versuche zeigen also, erstens, dass der ausgeschiedene Faserstoff in dem alkalisch reagirenden, fast paraglobulinfreien Serum wieder aufgelöst werden kann, und, zweitens, dass in dem alkalisch reagirenden Serum nach beendigter Gerinnung ein paraglobulinartiger Körper enthalten ist, welcher als ein Produkt der Faserstoffgerinnung betrachtet werden muss.

Diese Wiederauflösung des Faserstoffes habe ich noch nie bei Anwendung des normalen, paraglobulinhaltigen Serums beobachtet, sie trat nur in den Versuchen mit paraglobulinfreiem Serum ein. Dieses Serum unterscheidet sich von jenem dadurch, dass es gewissermassen freies, d. h. an Paraglobulin nicht gebundenes, Alkali enthält, und nachdem wir schon früher gesehen haben, dass der in einer alkalisch reagirenden Fibrinogenlösung durch das Ferment gebildete Faserstoff in der alkalischen Flüssigkeit sich wiederauflösen kann, möchte man wohl annehmen können, dass die Wiederauflösung auch in dem Serum in der Anwesenheit des freien Alkalis ihren Grund habe. Diese Behauptung gewinnt vielleicht an Wahrscheinlichkeit durch die folgende Beobachtung von AL. SCHMIDT [1]). Dieser Forscher giebt an, dass Serum, welches durch Dialyse paraglobulinfrei gemacht worden ist, in

[1]) L. c. *Ludwigs Jubelband.*

Digitized by Google

einer gerinnenden Flüssigkeit keinen Zuwachs der Faserstoffmenge bewirke. Ich deute diese Angabe dahin, dass ein derartiges Serum keinen Einfluss auf die Faserstoffmenge ausübe, denn wenn unter diesen Verhältnissen statt einer Vermehrung eine nennenswerthe Verminderung der Faserstoffmenge stattgefunden hatte, wäre dieses auffallende Verhalten gewiss nicht der Aufmerksamkeit des genannten Forschers entgangen. Wenn es also erlaubt wäre, diese Angabe von AL. SCHMIDT dahin zu deuten, dass ein durch Dialyse paraglobulinfrei gemachtes Serum keinen Einfluss auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes ausübe, würde diese Angabe gewissermassen eine Bestätigung meiner Ansicht von der Virkung des Alkalis, sein, denn das durch Dialyse paraglobulinfrei gemachte Serum reagirt neutral, während das von mir dargestellte, paraglobulinfreie Serum freies [1]) Alkali enthält.

Ich glaube also, dass das freie Alkali eine Rolle bei der Auflösung des Faserstoffes spielt; aber wir werden bald sehen, dass dabei auch die Serumsalze (deren Menge in diesen Versuchen stäts durch das neugebildete Natriumacetat vermehrt wurde) wirksam sein können.

Da der Faserstoff durch das Alkali wiederaufgelöst werden kann, ist es auch höchst wahrscheinlich, dass ein Theil des Faserstoffes auch in dem Entstehungsaugenblicke durch das Alkali in Lösung gehalten wird. Diese Annahme ist für den Versuch N:o 2, in welchem der Faserstoff bald nach beendigter Gerinnung, und bevor noch eine sichtbare Auflösung stattgefunden hatte, herausgenommen wurde, fast nothwendig, und sie wird noch wahrscheinlicher dadurch, dass die Salze, wie wir bald sehen werden, ein derartiges Lösungsvermögen unzweifelhaft besitzen.

Der beste Beweis für die Fähigkeit des Alkalis die Ausscheidung des entstandenen Faserstoffes zu verhindern liegt übrigens, wie ich glaube, in der schon oben gezeigten Einwirkung des Alkalis auf die Menge des gebildeten Fibrins. Selbst wenn man das Fibrin möglichst bald nach der beendigten Gerinnung herausnimmt, damit gar keine Wiederauflösung des einmal ausgefällten Faserstoffes möglich werde, findet man nämlich stäts in der alkalischen Probe eine bedeutend geringere Fibrinmenge als in der neutralen Controleprobe; und nachdem wir schon vorher gesehen haben, dass weder das Ferment noch das Fibrinogen durch die hier in Betracht kommenden, geringen Alkalimengen zerstört wird, kann dieses Verhalten nur dadurch erklärt werden, dass der Faserstoff schon in dem Entstehungsaugenblicke durch das Alkali in Lösung gehalten wird.

Da, wie wir oben gesehen haben, das ausgeschiedene Fibrin durch das Alkali wiederaufgelöst und also verändert werden kann, ist es sehr wahrscheinlich, dass der schon im Entstehungsaugenblicke gelöste, nie ge-

[1]) d. h. an Paraglobulin nicht gebundenes Alkali.

Digitized by Google

fällte Faserstoff eine derartige Umwandlung noch leichter durchmachen soll, und ich betrachte es desshalb als sehr wahrscheinlich, dass der während der Gerinnung entstandene, paraglobulinartige Eiweisskörper ein durch das Alkali (oder irgend einen anderen Serumbestandtheil) verändertes, gelöstes Fibrin, ist. Für die Richtigkeit dieser Behauptung spricht einerseits die Angabe von HEYNSIUS [1]), dass der Faserstoff durch Digestion mit Serum gelöst und in Paraglobulin verwandelt werden soll, sowie andererseits die Angabe desselben Forschers über die Identität von Paraglobulin und einem durch Einwirkung eines schwachen Alkalis dargestellten Alkalialbuminate.

Wäre der paraglobulinähnliche Eiweisskörper nicht ein durch das Alkali verändertes Fibrin, könnte er, so weit ich verstehe, nur ein bei der Entstehung des Faserstoffes von dem Fibrinogen abgespaltener Stoff sein, und in diesem Falle bestände die Gerinnung in einer Spaltung des Fibrinogens in 2 neue Eiweisskörper, das Fibrin und das Paraglobulin. Zu dieser 2:ten Möglichkeit, welche im Zusammenhange mit der Frage nach dem Wesen des Gerinnungsvorganges behandelt werden muss, werde ich in einer 2:ten Abhandlung zurückkehren; aber gegenwärtig muss ich die erstgenannte Entstehungsweise des Paraglobulins (durch eine Umwandlung des gelösten Faserstoffes) als die wahrscheinlichste betrachten.

Meine Beobachtungen über das Auftreten eines paraglobulinähnlichen Eiweisskörpers bei der Gerinnung stehen übrigens, wie leicht ersichtlich ist, in gar keinem Widerspruche mit den neuesten — in Bezug af den Ursprung des Paraglobulins — von AL. SCHMIDT [2]) gemachten Angaben, denn selbst in dem Falle, dass bei der Gerinnung stäts ein paraglobulinähnlicher Stoff durch einen Spaltungsprocess gebildet wurde — was, wie ich ausdrücklich hervorhebe, nicht bewiesen ist — könnte die Hauptmasse des Paraglobulins von aufgelöster Cellsubstanz herrühren.

Fassen wir zuletzt die Resultate sammen, welche in Bezug auf die Gerinnung bei alkalischer Reaction erhalten wurden, so finden wir, dass, ceteris paribus, in der alkalischen Flüssigkeit stäts eine geringere Faserstoffmenge als in der neutralen erhalten wird. Die Ursache dieses Verhaltens liegt höchst wahrscheinlich darin, dass das Alkali einen Theil des gebildeten Faserstoffes schon in dem Entstehungsaugenblicke in Lösung hält und dadurch die Menge des sich ausscheidenden Faserstoffes vermindert. Bei Versuchen mit paraglobulinfreiem, alkalisch reagirendem Serum findet man übrigens, dass während oder in Folge der Gerinnung ein paraglobulin-

[1]) *Pflügers Archiv zweiter Jahrgang.*

[2]) L. c. *Pflügers Archiv* B. 9.

Digitized by Google

ähnlicher Eiweisskörper entsteht, und es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser Eiweissköper durch die Einwirkung des Alkalis oder irgend eines anderen Serumbestandtheils auf das gelöste Fibrin entsteht.

Die oben, (S. 70—72) angeführten Versuche haben unzweideutig gezeigt, dass der Faserstoff auch bei Abwesenheit von einem, das Paraglobulin oft verunreinigenden, fermentartigen Stoffe, in Alkalien löslich ist, und es fragt sich also demnächst, wie die Löslichkeit des Faserstoffes in Neutralsalzen unter denselben Umständen sich verhält.

§. 4. *Über die Löslichkeit des Fibrins in neutralen Salzen bei Abwesenheit von einem das Fibrin verunreinigenden, fibrinlösenden, fermentartigen Stoffe.*

Der aus einer reinen, neutralen Fibrinogenlösung ausgeschiedene Faserstoff ist in Lösungen neutraler Salze (ich habe vorzugsweise mit dem NaCl gearbeitet) ebenso unlöslich wie der gewöhnliche, durch Quirlen aus dem Blute gewonnene, mit Wasser gewaschene, Faserstoff. Wenigstens habe ich nie die geringste Spur einer Auflösung bemerken können, und es bleibt also nur übrig zu fragen, ob das Fibrin vielleicht in dem Entstehungsaugenblicke durch die Salze in Lösung gehalten werden könne. Zu dieser Frage wollen wir also zunächst übergehen.

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass man durch Zusatz von einer genügenden Salzmenge die Gerinnung des Blutes vollständig verhindern kann. Diess rührt, wie es zuerst von AL. SCHMIDT [1]) gezeigt wurde, daher, dass der Entstehung des Fibrinfermentes durch die Salze vorgebeugt wird; aber selbst in einer fermenthaltigen, fibrinösen Flüssigkeit kann bekanntlich die Gerinnung durch die Anwesenheit einer genügenden Salzmenge vollständig verhindert werden, und die Salze müssen also auch in einer anderen Weise die Gerinnung verhindern können.

In Bezug auf die Einwirkung der Salze habe ich schon oben hervorgehoben, dass die Salze weder zerstörend auf das Ferment noch verändernd auf das Fibrinogen einwirken. Die Ansicht von AL. SCHMIDT [2]), dass der bei der Entstehung des Faserstoffes sich mitbetheiligende Summand der "fibrinoplastischen Substanz" mit einem steigenden Salzgehalte stäts vermindert werde, ist nunmehr unhaltbar; und es bleibt also kaum etwas

[1]) L. c. *Pflügers Archiv Bd. 6.*
[2]) Ebendaselbst. s. 485—486.

Digitized by Google

Anderes übrig, als eine die Ausscheidung des gebildeten Faserstoffes verhindernde Einwirkung der Salze anzunehmen. In der That wird auch eine derartige Einwirkung durch die folgenden Versuche sehr schlagend bewiesen.

Von einer reinen, nicht spontan, mit dem Fibrinfermente dagegen schön, gerinnenden Fibrinogenlösung werden 10 Cc abgemessen und mit 10 Cc einer 10 %-tigen Lösung von $CaCl_2$ versetzt. Diesem Gemische werden dann 10 Cc einer kräftig wirkenden Fermentlösung zugesetzt, und die so erhaltene Lösung, welche etwa 3,3 % $CaCl_2$ enthält, lässt man bei Zimmerwärme ruhig stehen. Wenn der Gehalt des Gemisches an Fibrinogen ein nicht sehr grosser ist, bleibt die Flüssigkeit während der ganzen Dauer des Versuches flüssig; wenn er dagegen ein grösserer ist, entstehen nach Verlauf von etwa 12—48 Stunden spärliche, gallertartige Coagula. Für das Endresultat ist es übrigens ganz gleichgiltig, ob eine Gerinnung sichtbar wird oder nicht, denn die weitere Untersuchung wird stäts mit dem flüssigen Theile der Probe angestellt.

Eine abgemessene Quantität der Versuchsflüssigkeit wird nach Verlauf von 24 oder 48 Stunden mit dem gleichen Volumen einer gesättigten NaCl-Lösung versetzt. Dabei bemerkt man stäts, dass die Flüssigkeit dickflüssiger, bisweilen sogar gallertartig wird, und nach dem Umrühren erhält man einige grössere, faserstoffähnliche Klümpchen. Wenn man nun mit dem mehrfachen Volumen Wasser verdünnt, verhält sich der faserstoffähnliche Niederschlag nicht wie das unter denselben Verhältnissen niedergeschlagene Fibrinogen. Dieser Eiweisskörper löst sich nämlich bei der Verdünnung mit Wasser fast augenblicklich zu einer wasserhellen Flüssigkeit auf, während der in unserem Versuche mit NaCl erzeugte Niederschlag bei der Verdünnung mit Wasser vielleicht anfänglich ein wenig gelöst, aber bald unlöslich wird. Lässt man den mit NaCl erzeugten Niederschlag einige Zeit mit der Luft in Berührung stehen, bevor man mit Wasser verdünnt, so erhält man einen unlöslichen, dem Faserstoffe sehr ähnlichen Eiweisskörper. Dass der mit NaCl erzeugte Niederschlag nicht aus Fibrinogen besteht, ist auf Grund der abweichenden Löslichkeit ganz unzweifelhaft, und es giebt übrigens eine andere, ungemein bessere Methode dessen Übereinstimmung mit dem gewöhnlichen Faserstoffe zu zeigen. Zu dem Ende wird die Versuchsflüssigkeit nicht erst mit NaCl-Solution gefällt und dann mit dem mehrfachen Volumen Wasser verdünnt, sondern man verdünnt die Versuchsflüssigkeit sogleich mit dem mehr- etwa zehn-fachen Volumen Wasser. Die Flüssigkeit wird dabei innerhalb einiger Secunden oder jedenfalls innerhalb ein paar Minuten opalisirend und beim Umrühren entstehen Fäden oder

Digitized by Google

faserige Flöckchen, welche nicht nur dem gewöhnlichen Faserstoffe sehr ähnlich sind sondern auch dessen Unlöslichkeit in Alkalien und Salzen besitzen.

Es können diese Beobachtungen am einfachsten durch die Annahme erklärt werden, dass in der salzreichen Flüssigkeit ein gelöstes Fibrin enthalten sei, welches erst durch Zusatz von einer gesättigten NaCl-Lösung oder durch starkes Verdünnen mit Wasser ausgeschieden werde und dann — durch die Berührung mit der Luft (vielleicht mit der Kohlensäure) — in den gewöhnlichen Faserstoff übergehe. Sonst würde nur die Annahme übrig bleiben, dass der Niederschlag aus unverändertem Fibrinogen bestehe, welches fast in dem Momente der Ausfällung durch das gleichzeitig vorhandene Ferment in gewöhnlichen Faserstoff übergeführt werde. Diese letztere Annahme kann indessen in folgender Weise widergelegt werden.

Man vermischt 25 Cc einer Fibrinogenlösung mit 25 Cc der 10-procentigen $CaCl_2$-Lösung und misst von dem Gemische 2 Proben, auf je 20 Cc, ab. Die eine Probe, *a*, wird sogleich mit 10 Cc der Fermentlösung versetzt, während die andere, *b*, ohne Fermentzusatz neben der ersteren bei Zimmerwärme aufbewahrt wird. Zuletzt werden von derselben Fermentlösung 10 Cc abgemessen und bei Zimmerwärme ebenfalls aufbewahrt. Die Probe *a* wird nach Verlauf von 24—48 Stunden in der schon oben angegebenen Weise behandelt, d, h mit NaCl gefällt oder, noch besser, mit Wasser stark verdünnt; die Probe *b* dagegen wird nach Verlauf von derselben Zeit zuerst mit der Fermentlösung gemischt und unmittelbar darnach ebenfalls mit Wasser stark verdünnt oder mit einer gesättigten NaCl-Lösung gefällt. In der Probe *a* erhält man nun die oben beschriebenen aus Faserstoff bestehenden Flöckchen oder Fäden; die Probe *b* dagegen wird bei der starken Verdünnung bald etwas opalisirend, wie jede andere salzhaltige Fibrinogenlösung, aber sie kann mehrere Stunden stehen, ohne dass einige faserstoffähnliche Flöckchen sich ausscheiden. Nach einiger Zeit wird sie auch etwas trübe und nach längerer Zeit setzt sich zum Boden ein feinflockiger Niederschlag, auf dessen Eigenschaften ich in der 2:ten Abhandlung etwas ausführlicher eingehen soll.

Ebenso schlagend wird das Resultat, wenn man mit NaCl fällt. In der Probe *a* wird die Flüssigkeit dabei zuerst dickflüssig oder sogar gallertartig und es entstehen jene faserstoffähnlichen, anfangs schwerlöslichen, später unlöslichen Massen, während die Probe *b* den gewöhnlichen, feinflockigen, beim Verdünnen mit Wasser fast augenblicklich sich lösenden Fibrinogenniederschlag giebt.

Digitized by Google

Durch diesen Versuch wird also bewiesen, erstens, dass der Niederschlag nicht aus unverändertem Fibrinogen besteht, und, zweitens, dass das Fibrinferment nicht in dem Augenblicke, da die Ausfällung geschieht, das Fibrinogen in merkbarer Weise verändert. Das Fibrinogen ist also in der Probe *a*, trotz der Anwesenheit des Salzes, durch die anhaltende Einwirkung des Fermentes chemisch verändert worden — und zwar in einen neuen Körper übergeführt, welcher mit Wasser und Luft in Berührung in dasjenige übergeht, was wir geronnenes Fibrin nennen, einen Eiweisskörper also, welchem man vielleicht passend den Namen *"lösliches Fibrin"* geben könnte. Die Salze verhindern also nicht die Einwirkung des Fermentes auf das Fibrinogen, aber sie halten das neugebildete Produkt, das Fibrin, in Lösung. Wenn der Salzgehalt, im Verhältniss zu der Menge des gebildeten Faserstoffes, ein genügender ist, kann sämmtliches Fibrin in Lösung gehalten werden; wenn die Lösung dagegen eine möglichst geringe Salzmenge enthält, wird fast aller Faserstoff ausgeschieden, und mit einem steigenden Gehalte an Salzen bleibt ein immer wachsender Antheil des gebildeten Faserstoffes in Lösung.

Durch diese Versuche ist es also bewiesen, dass die neutralen Salze (ich habe nur mit NaCl und $CaCl_2$ gearbeitet) den Faserstoff im Entstehungsaugenblicke in Lösung halten können; und die Einwirkung der Salze auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes besteht also darin, dass mit einem steigenden Salzgehalte ein immer wachsender Antheil des gebildeten Faserstoffes gelöst, respective ein immer abnehmender Theil desselben ausgeschieden wird [1]).

Die eben angeführten Versuche sind, wie ich glaube, von einer fundamentalen Bedeutung für die Lehre von der Faserstoffgerinnung und vor Allem für die Frage nach dem Wesen des Gerinnungsvorganges. Aus diesem Grunde muss ich in einer zweiten Abhandlung etwas ausführlicher auf sie eingehen, da es aber vielleicht noch etwas dauern wird, bevor ich mit dieser *2*:ten Abhandlung fertig werde, mag es vielleicht am besten sein, schon hier ein wenig bei diesen Versuchen zu verweilen.

Die fundamentale Bedeutung dieser Versuche ist leicht zu verstehen. Es geht nämlich aus ihnen hervor, dass das für die Fibrinbildung Wesentlichste nicht in der Gerinnung einer fibrinösen Flüssigkeit, sondern in einer, durch einen noch unbekannten, fermentartigen Stoff eingeleiteten, chemischen

---

[1]) Es ist nach dieser Auseinandersetzung leicht zu verstehen, warum in dem Versuche 5 *b*, Tab. I, bei einem $CaCl_2$-Gehalte von 2 % gar keine Ausscheidung des Faserstoffes merkbar wurde.

Digitized by Google

Veränderung eines Eiweisskörpers, des Fibrinogens, zu suchen ist. Wenn die Flüssigkeit überhaupt gerinnt oder nicht, ist ziemlich gleichgiltig, denn es hängt dies von Nebenumständen, wie dem Alkali- und Salzgehalte der Flüssigkeit, ab; das Wesentliche, was dagegen nie fehlen soll, ist eine chemische Umwandlung des Eiweisses, des Fibrinogens, denn die Gerinnung der Flüssigkeit ist nur das äussere, sichtbare Zeichen dieser chemischen Verwandlung. Diese Umsetzung des Fibrinogens geschieht ebenso gut bei neutraler wie bei schwach alkalischer Reaction, und diese Beobachtung spricht entschieden gegen diejenige Ansicht, welche den Gerinnungsvorgang als ein — durch Neutralisation mit irgend einer Säure bewirktes — Unlöslichwerden des in der Flüssigkeit præformirt vorhandenen, löslichen Faserstoffes betrachtet.

In dieser Abhandlung will ich nicht näher auf die Natur des bei der Faserstoffgerinnung stattfindenden chemischen Processes eingehen, denn diess wird Gegenstand meiner zweiten Abhandlung werden, dagegen kann ich nicht umhin, auf eine gewisse Übereinstimmung zwischen der Gerinnung des Caseins und des Fibrinogens hier aufmerksam zu machen.

In meiner 2:ten Abhandlung über das Casein habe ich gezeigt, dass die Caseingerinnung mit Lab nicht durch das Gestehen der Milch, resp. der milchzuckerfreien Caseinlösung, sondern vielmehr durch eine chemische Umwandlung des Caseins charakterisirt ist. Diese chemische Umwandlung des Caseins besteht in einer Spaltung, durch welche 2 neue Eiweisskörper gebildet werden, einerseits der schwerlösliche Käse und andererseits ein leichtlöslicher, peptonähnlicher Eiweissstoff. Durch die Ausfällung des schwerlöslichen Spaltungsproduktes, des Käses, wird die Gerinnung der Caseinlösung bedingt und diese Ausscheidung ist somit das äussere, sichtbare Zeichen des stattgefundenen chemischen Vorganges. Wenn aber der Käse sich ausscheidet oder in Lösung bleibt, das hängt von Nebenumständen — von dem Gehalte der Lösung an Salzen — ab. und das bei der Einwirkung des Labes auf das Casein Wesentliche ist nur die chemische Umwandlung, die Spaltung, dieses Eiweisskörpers. Diese chemische Umwandlung kann, wie ich gezeigt habe, auch in dem Falle nachgewiesen werden, wenn die Caseinlösung, wegen eines zu geringen Gehaltes an Calciumphosphat, flüssig bleibt.

Die Übereinstimmung mit der Faserstoffgerinnung ist also eine sehr schlagende. Auch in diesem Falle ist das Wesentliche und Charakteristische die durch einen fermentartigen Stoff eingeleitete chemische Veränderung eines Eiweissstoffes, des Fibrinogens. Das äussere Zeichen dieser Veränderung ist die Ausfällung eines neuen Eiweisskörpers, des Fibrins, welcher

Digitized by Google

schwerlöslicher als die Muttersubstanz ist; und selbst in dem Falle, dass diese Ausfällung durch Nebenumstände, wie durch einen zu hohen Salzgehalt, verhindert wird, kann doch die chemische Veränderung des Eiweisses (des Fibrinogens) nachgewiesen werden. Es giebt auch, meines Wissens, in der physiologischen Chemie kaum 2 Vorgänge, welche einander mehr ähnlich sind als die Gerinnung einer reinen, milchzuckerfreien Caseinlösung durch Lab und die Gerinnung einer reinen Fibrinogenlösung durch das Fibrinferment.

Die oben angeführten Versuche sind auch von einem anderen Gesichtspunkte aus von Wichtigkeit, sie geben nämlich Aufschlüsse über das *"lösliche Fibrin"*.

Oben habe ich vorgeschlagen, dass man den in einer salzhaltigen Fibrinogenlösung bei Anwesenheit von dem Ferment gebildeten, in Lösung gehaltenen Eiweisskörper "lösliches Fibrin" nennen sollte. Bei dem gegenwärtigen Stande der Fibrinfrage weiss ich nämlich keinen besseren Namen für diesen Eiweisskörper, denn er steht dem Fibrin unzweifelhaft näher als dem Fibrinogen und wenn er aus der Lösung ausgeschieden wird, geht er in unlösliches Fibrin über. Dass er eine Zwischenstufe zwischen dem Fibrinogen und dem geronnenen Fibrin bildet, ist wohl unzweifelhaft, aber die wahre Natur dieses Eiweisskörpers, sowie der passendste Name für denselben, können erst dann angegeben werden, wenn wir die Natur des bei der Gerinnung stattfindenden chemischen Verlaufes kennen gelernt haben.

Dieser Eiweisskörper besitzt übrigens nicht immer dieselbe Löslichkeit, resp. Unlöslichkeit. Stellt man ihn aus einem Gemische von Fibrinogenlösung und alkalischem Serum dar, so ist er in schwachen Salzlösungen etwas löslicher als wenn er aus einer neutralen, fermenthaltigen Fibrinogenlösung dargestellt wird. Die Löslichkeit ist übrigens unter ziemlich gleichartigen Verhältnissen nicht immer dieselbe, das eine Mal steht dieser Eiweisskörper in Bezug auf die Löslichkeit dem Fibrinogen ziemlich nahe, das andere Mal ist er davon wesentlich verschieden. Diess kann vielleicht am einfachsten dadurch erklärt werden, dass man mit den Fällungsmitteln oft ein Gemenge von löslichem Fibrin und noch unverändertem Fibrinogen niederschlägt, ein Gemenge, dessen Löslichkeitsverhältnisse je nach dem wechselnden Gehalte des Niederschlages an dem einen oder dem anderen Eiweisskörper etwas wechseln müssen. Es ist doch auch möglich, dass das Fibrinogen durch die Einwirkung des Fermentes allmählich eine Veränderung erfahre, durch welche es in einen, immer unlöslicher werdenden, Körper allmählich verwandelt werde. Für diese letztere Möglichkeit spricht vielleicht auch die Beobachtung, dass das ausgefällte Fibrinogen, mit Was-

Digitized by Google

ser in Berührung, wie die meisten anderen Eiweisskörper seine Löslichkeit allmählich verliert. Auf diese Verhältnisse, sowie auf die Vorsichtsmassregeln, welche bei der Ausführung der hierher gehörenden Versuche nöthig sind, werde ich übrigens in der zweiten Abhandlung etwas näher eingehen.

Obwohl es also gegenwärtig nicht möglich ist, über die Natur des oben beschriebenen Eiweissstoffes eine bestimmte Ansicht auszusprechen, möchte es doch bei dem jetzigen Stande unseres Wissens vielleicht am passendsten sein, ihm den Namen "lösliches Fibrin" zu geben Diese Benennung wäre vielleicht um so mehr berechtigt, als dadurch keine Verwirrung entstehen kann sondern vielmehr einige andere Angaben leichter verständlich werden. Es kann nämlich, meiner Ansicht nach, kein Zweifel darüber bestehen, dass es gerade dieser Eiweisskörper ist, welcher von EICHWALD "lösliches Fibrin" genannt wurde; und ebensowenig kann man bezweifeln, dass er mit dem von DENIS, VAN DER HORST und HEYNSIUS aus dem Stroma der Blutkörperchen dargestellten, fibrinähnlichen Körper identisch ist.

EICHWALD [1]) versuchte die Gerinnung des Blutes durch einen Zusatz von Glaubersalzlösung zu verhindern, aber, trotzdem dass einem Zutritte der atmosphärischen Luft möglichst vorgebeugt wurde, gelang diess nicht immer vollständig, es traten bisweilen theilweise Gerinnungen auf. Seitdem wir oben gefunden haben, einerseits, dass eine fermentfreie Fibrinogenlösung wochenlang mit der Luft in Berührung aufbewahrt werden kann, ohne zu Gerinnen, und, andererseits, dass eine durch Kohlensäure nicht mehr fällbare Fibrinogenlösung mit dem Fermente gerinnt, können wir mit Bestimmtheit den Schluss ziehen, dass in den Versuchen von EICHWALD der Entstehung des Fermentes nicht gänzlich vorgebeugt worden. Das Auftreten von theilweisen Gerinnungen zeigte ausserdem, dass eine Einwirkung des Fermentes auf das Fibrinogen trotz der vorhandenen Salzmenge sich geltend gemacht hatte; und das von EICHWALD in Arbeit genommene Plasma verhielt sich also wie eine fermenthaltige Fibrinogenlösung, in welcher man durch Zusatz von einer grösseren Salzmenge die Ausscheidung des gebildeten Faserstoffes theilweise oder vollständig verhindert hatte. Es konnte also der mit NaCl erzeugte Niederschlag nicht aus Fibrinogen allein bestehen, er musste vielmehr stäts eine nicht unbedeutende Menge des löslichen Faserstoffes enthalten, und die schon in dem ersten Theile dieser Abhandlung hervorgehobenen Unterschiede zwischen dem löslichen Faserstoffe (EICHWALDs) und dem von mir dargestellten Fibrinogen haben also nunmehr nichts befremdendes.

---

[1]) a. a. O. S. 154—158.

Digitized by Google

Nach den Löslichkeitsverhältnissen zu urtheilen, stimmt der lösliche Faserstoff (EICHWALDs) am besten mit dem von mir aus salzreichen, fermenthaltigen Fibrinogenlösungen mit NaCl ausgeschiedenen Eiweisskörper überein; ich betrachte auch die beiden Eiweisskörper, auf Grund der übereinstimmenden Reactionen so wie auf Grund der übereinstimmenden Darstellungsweise, als identische, und wie ich schon oben gesagt habe giebt es auch bei dem jetzigen Stande unseres Wissens für diesen Eiweisskörper kaum eine bessere Benennung als der ihm schon von EICHWALD gegebene Name: "lösliches Fibrin".

Dagegen bin ich mit dem genannten Forscher nicht im Einverständniss, wenn er annimmt, dass ein lösliches Fibrin präformirt in dem Blute vorhanden sei. Der im Blute präformirt vorhandene Eiweisskörper hat ganz andere Eigenschaften als das lösliche Fibrin. Er gerinnt weder "spontan" mit der Luft in Berührung noch nach Neutralisation der alkalischen Lösung mit einer Säure; er wird aus seiner neutralen Lösung durch Zusatz von dem gleichen Volumen einer gesättigten NaCl-Solution nie vollständig gefällt, und er geht durch die Einwirkung eines noch nicht näher studirten fermentartigen Stoffes zuerst in lösliches (wenn die erforderlichen Lösungsmittel vorhanden sind) und dann — vielleicht, wie EICHWALD glaubt, durch die Einwirkung der atmosphärischen Kohlensäure — in unlösliches Fibrin über. Dieser in dem Blute präformirt vorhandene Eiweisskörper ist also mit dem löslichen Faserstoffe nicht identisch, aber er ist die Muttersubstanz des Faserstoffes — des löslichen eben so wohl wie des geronnenen — und aus diesen Gründen möchte es wohl am besten sein, für diesen Eiweisskörper den alten Namen *Fibrinogen* beizubehalten

Ich Sprach oben die Vermuthung aus, dass der von DENIS, VAN DER HORST und HEYNSIUS aus dem Stroma der Blutkörperchen dargestellte, dem Faserstoffe verwandte Eiweisskörper, mit dem löslichen Fibrin identisch sei, und es bleibt uns also nur noch übrig zu prüfen, ob auch diese Vermuthung den Thatsachen gegenüber als stichhältig sich erweist.

Mit Ausnahme einer einzigen [1]) sind, wie schon oben bemerkt wurde, die Originalabhandlungen von DENIS mir nicht zugänglich gewesen und ich kenne also seine Untersuchungen hauptsächlich nur durch die Angaben anderer Forscher. Ich kann also die Angaben von DENIS hier nicht ausführlicher besprechen, aber für die Frage nach dem löslichen Faserstoffe möchte

[1]) Études chimiques, physiologiques et médicales, faites de 1835 à 1840 sur les matières albumineuses etc., par P. — S. Denis (de Commercy). 1842.

Digitized by Google

es auch genügend sein, der Angaben von HEYNSIUS und VAN DER HORST[1]) hier zu erwähnen, denn die Untersuchungen dieser Forscher sind, mit einigen Abänderungen, eine Wiederholung der von DENIS angestellten Versuche.

VAN DER HORST beobachtete, dass Hühnerblut nach der Behandlung mit einer von DENIS angegebenen Kochsalzlösung (eine Mischung von 1 Theil concentrirter Kochsalzlösung mit 2 Theilen Wasser), sehr gallertartig wurde, und als er diese Gallerte in destillirtes Wasser tropfen liess, gerann jeder Tropfen sofort und setzte sich zum Boden, oder er bildete einen Sack, so wie es KÜHNE für das Myosin angegeben hat. Wurde die schwerflüssige Masse mit einer Pipette auf den Boden des Gefässes gebracht, so stieg sie in Stabform in die Höhe und entfärbte sich bald.

Dieser Eiweisskörper, welcher nicht nur aus den kernhaltenden Hühnerblutkörperchen, sondern auch aus denen des Hundes und anderer Säugethiere dargestellt werden konnte, zeigte ferner folgendes Verhalten. Gleich nach der Ausscheidung wurde die Substanz durch eine NaCl-Lösung von 10 % einigermaassen gelöst, wenn aber die Flocken mit destillirtem Wasser in Berührung kamen, büssten sie allmählich ihre Löslichkeit ein, und auch durch Präcipitation mit concentrirter Kochsalzlösung wurden sie für eine verdünnte Solution unlöslich.

VAN DER HORST bemerkt selbst, dass dieser Eiweisskörper am meisten mit dem Fibrin übereinstimme, und die oben angeführten Reactionen stimmen in der That so gut mit denjenigen überein, welche nach meinen Beobachtungen dem löslichen Fibrin eigenthümlich sind, dass ich keinen Anstand nehmen kann, die beiden Eiweisskörper als identische anzusehen.

Das lösliche Fibrin hat, wie es schon oben bemerkt wurde, nicht immer ganz dieselben Löslichkeitsverhältnisse, und es können also die Reactionen ein wenig wechseln. In allem Wesentlichen stimmen doch das lösliche Fibrin von EICHWALD, der fibrinähnliche Eiweisskörper von HEYNSIUS und VAN DER HORST sowie das von mir dargestellte lösliche Fibrin so gut mit einander überein, dass man wohl bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft alle drei mit dem Namen "des löslichen Fibrins" bezeichnen könnte.

Es bleibt noch viel über die oben angeführten Versuche so wie über die Eigenschaften des löslichen Faserstoffes zu sagen übrig, aber ich muss, der Wichtigkeit des Gegenstandes halben, in der zweiten Abhandlung auf diese Fragen ausführlicher eingehen. Für unseren gegenwärtigen Zweck — die Frage nach der Wirkungsweise des Paraglobulins bei der Faserstoff

[1]) Über die Eiweisskörper des Blutes von D:r A. Heynsius *Pflügers Archiv, zweiter Jahrgang*, 1869.

Digitized by Google

gerinnung — möchte es genügend sein zu wissen, dass ein Theil des gebildeten Faserstoffes durch die Salze in Lösung gehalten werden kann.

Die Alkalien wie die Salze haben also die Eigenschaft einen Theil des Faserstoffes, selbst bei Abwesenheit eines besonderen, fibrinlösenden Stoffes, in dem Entstehungsaugenblicke in Lösung zu halten, und mit einem steigenden Gehalte der Flüssigkeiten an diesen Lösungsmitteln muss also der ausgeschiedene Theil des Faserstoffes stätig abnehmen. Nachdem wir diese Eigenschaft der Alkalien und Salze kennen gelernt haben, können wir zu der Frage nach der Wirkungsweise des Paraglobulins bei der Faserstoffgerinnung wiederkehren.

§ 5. *Ein Versuch die Wirkungsweise des Paraglobulins bei der Gerinnung — auf Grundlage der in dieser Abhandlung mitgetheilten Versuchsergebnisse — zu erklären.*

Die Alkalien und die Salze haben, wie es oben gezeigt wurde, die Fähigkeit den gebildeten Faserstoff mehr oder weniger vollständig in Lösung zu halten, und es folgt hieraus, dass ein jeder Stoff, welcher diese Lösungsmittel gewissermaassen zu binden vermag, jeder Stoff also, welcher zu ihnen eine Affinität hat, die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes vermehren muss. Ein derartiger Stoff ist unzweifelhaft das Paraglobulin; es löst sich dieser Stoff in Säuren und Alkalien mit einer grossen Leichtigkeit auf, er hat also zu den fraglichen Lösungsmitteln eine grössere Affinität als das schwerlösliche Fibrin, und es ist also nicht schwierig einzusehen, in welcher Weise ich die Einwirkung des Paraglobulins auf die Faserstoffgerinnung erklären wollte.

Bevor ich indessen auf diese meine Ansicht etwas näher eingehe, ist es nöthig zu zeigen, ob die in den fibrinösen Flüssigkeiten gewöhnlich vorhandenen, geringen Mengen von Alkalien und Salzen eine nennenswerthe Einwirkung auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes ausüben können.

Die Menge des Alkalis, als Na_2O berechnet, habe ich in einigen Hydroceleflüssigkeiten durch Neutralisation mit einer $^1/_{10}$-Normalschwefelsäure alkalimetrisch zu bestimmen versucht und ich erhielt dabei die Werthe 0,09—0,11 · % Na_2O. Diese Zahlen stimmen sehr nahe mit den von ALEXANDER SCHMIDT[1]) für das Pferdeblutplasma gefundenen überein; er fand nämlich 0,094—,0101 % NaO.

[1]) *Du Bois-Reymonds und Reicherts Archiv* 1862. Pag. 546.

Digitized by Google

Dass ein Gehalt von 0,09—0,1 % Na_2O die Gerinnung einer reinen fermenthaltigen Fibrinogenlösung vollständig verhindern kann, habe ich mehrmals beobachtet; aber in den fibrinösen Flüssigkeiten, welche kaum etwas kaustisches Alkali enthalten können, möchte wohl die Wirkung etwas schwächer ausfallen. Indessen ist, wie wir aus der Tabelle *3* gesehen haben, der Gehalt der Hydroceleflüssigkeiten an Alkali so gross, dass der unverhältnissmässig grösste Theil des Faserstoffes, bisweilen sogar all der Faserstoff, dadurch in Lösung gehalten wird, und es kann also nicht bezweifelt werden, dass die Ausscheidung des Faserstoffes durch das Alkali der fibrinösen Flüssigkeiten sogar vollständig verhindert werden kann.

Etwas anders verhält es sich mit den Salzen. Von diesen müssen mehrere Procente in einer reinen Fibrinogenlösung vorhanden sein, damit die Gerinnung vollständig verhindert werde; aber die serösen Flüssigkeiten enthalten bekanntlich von anorganischen Salzen nur etwa 0,7 – 0,9 %, darunter nur etwa 0,5 % NaCl. Indessen können selbst diese kleinen Salzmengen einen nicht unbedeutenden Bruchtheil von dem in einem Transsudate gebildeten Faserstoffe in Lösung halten. Die Menge des in diesen Flüssigkeiten überhaupt gebildeten Faserstoffes ist nämlich im Allgemeinen eine sehr geringe, und wenn auch die Menge des in Lösung gebliebenen Faserstoffes mit einem abnehmenden Salzgehalte stätig abnimmt, wird doch selbst bei einem sehr niedrigen Salzgehalte ein entsprechender Theil des Faserstoffes in Lösung gehalten. Nun enthält, nach einer Analyse von V. GORUP-BESANEZ [1]), eine menschliche Pericardialflüssigkeit 0,081 %, und ein hydropisches Pleuraexsudat, nach einer Analyse von C. SCHMIDT [2]), nur 0,06 % Fibrin. In einer Flüssigkeit, deren Gehalt an Faserstoff ein so niedriger ist, muss ein nicht unbedeutender Bruchtheil des gesammten Faserstoffes in Lösung bleiben, selbst wenn die in Lösung gebliebene Faserstoffmenge, in Grammen ausgedrückt, eine sehr geringfügige ist. Wenn also in meinen Versuchen mit reinen Fibrinogenlösungen, welche etwa 0,7—0,9 % Fibrinogen enthielten, eine vollständig verhinderte Fibrinausscheidung erst durch Zusatz von mehreren Procenten eines neutralen Salzes erzielt werden konnte, wäre es gar nicht auffallend, wenn in einem fibrinarmen Transsudate fast aller Faserstoff durch die Anwesenheit von 0,5 % NaCl in Lösung gehalten werden konnte.

---

[1]) VON GORUP-BESANEZ: *Lehrbuch der physiologischen Chemie. 3:te Auflage.* Braunschweig 1875. Pag. 415.

[2]) Ebendaselbst. Pag. 415.

Digitized by Google

Dass es in der That auch möglich ist, die Gerinnung eines Transsudates durch eine verhältnissmässig unbedeutende Salzmenge zu verhindern, lässt sich durch das folgende Beispiel zeigen. Eine Hydroceleflüssigkeit, welche 4,656 % feste Stoffe enthielt, wurde in 2 gleich grosse Portionen getheilt, von denen eine jede mit einem gleich grossen Volumen einer Fermentlösung versetzt wurde. Die eine Probe wurde ausserdem mit so viel NaCl versetzt, dass der Zuwachs an NaCl etwa 0,9 % betrug. Weder die eine noch die andere Probe gerann bei Zimmerwärme, 16° Celsii, innerhalb 5 Stunden, aber während der Nacht hatte in der kochsalzärmeren Probe ein gallertartiges Gerinnsel sich gebildet, und im Laufe des folgenden Tages traten in dieser Probe neue Gerinnsel auf. Die kochsalzreichere Probe blieb während derselben Zeit flüssig, und selbst nach Verlauf von 48 Stunden war sie noch nicht merkbar geronnen. Bei Zusatz von dem gleichen Volumen einer gesättigten NaCl-Lösung entstand dagegen in dieser Probe ein Niederschlag von löslichem Fibrin. In dieser Probe hatte also unzweifelhaft eine Einwirkung des Fermentes auf das Fibrinogen sich geltend gemacht, aber die Ausscheidung des gebildeten Faserstoffes war durch die Anwesenheit der grösseren NaCl-Menge verhindert worden.

Nur in noch einem Falle ist es mir möglich gewesen, aus einer nicht geronnenen Hydroceleflüssigkeit mit NaCl-Solution einen löslichen Faserstoff auszufällen; in den übrigen Versuchen erhielt ich entweder einen Niederschlag von unverändertem Fibrinogen oder auch gar keinen Niederschlag. Es hatte diess seinen Grund darin, dass, wie ich schon oben bemerkt habe, in einem gerinnenden Transsudate, wahrscheinlich in Folge einer Umwandlung des Fibrins durch das Alkali, ein paraglobulinähnlicher, durch das gleiche Volumen einer gesättigten NaCl-Lösung nicht mehr fällbarer Eiweisskörper entsteht; und es hängt selbstverständlich etwas von dem Zufalle ab, ob man bei der Untersuchung gerade den Zeitpunkt trifft, wo noch eine ziemliche Menge eines durch das Alkali noch nicht veränderten, löslichen Faserstoffes in der Lösung enthalten ist.

Auch in einer anderen Weise lässt es sich zeigen, dass die in einem Transsudate vorhandenen Salze die Ausscheidung des Faserstoffes verhindern können. Zu dem Ende verdünnt man die fibrinöse Flüssigkeit mit Wasser, und durch den verminderten Procentgehalt an Salzen wird in diesem Falle die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes vermehrt. In einem Falle konnte ich also, um nur ein Beispiel anzuführen, durch Verdünnung mit dem gleichen Volumen Wasser, bei einem unveränderten absoluten (also verminderten relativen) Fermentgehalte, die Menge des in einer Hydroceleflüssigkeit ausgeschiedenen Faserstoffes mehr als verdoppeln.

Digitized by Google

Die Verdünnung mit Wasser ist doch keine empfehlenswerthe Methode, denn man kann durch die Verdünnung eben so oft eine Verminderung wie eine Vermehrung der Faserstoffmenge erzeugen. Es hängt nämlich das Resultat von dem Fibrinogengehalte und dem Grade der Verdünnung ab, und auch in dieser Hinsicht bietet die Faserstoffgerinnung eine gewisse Übereinstimmung mit der Gerinnung des Caseins durch Lab. Durch Verdünnung der Milch oder einer reinen Caseinlösung mit Wasser wird die Menge des ausgeschiedenen Käses, sogar bei unverändertem relativen (also bei vermehrtem absoluten) Fermentgehalte, bedeutend vermindert, und bei genügender Verdünnung mit Wasser gerinnt die Milch, resp. die Caseinlösung, gar nicht mehr. In derselben Weise verhält es sich mit der Faserstoffgerinnung. Die Zahl der Berührungspunkte zwischen dem Fibrinogen und dem Fermente können in doppelter Weise derart vermindert werden, dass die Gerinnung vollständig ausbleibt. Einerseits kann man bei unverändertem Fibrinogengehalte die Fermentmenge auf ein solches Minimum herabsetzen, dass die Fäulniss früher als die Gerinnung entritt, und andererseits kan man, bei einem gegebenen Fermentgehalte, durch wiederholtes Verdünnen der Fibrinogenlösung die Zahl der Berührungspunkte derart vermindern, dass innerhalb der zu einem Versuche nöthigen Zeit keine vollständige Gerinnung eintreten kann.

Dieser letztere Fall tritt ein, wenn man eine an und für sich fibrinogenarme Hydroceleflüssigkeit mit einer grösseren Wassermenge verdünnt, und die Resultate, welche bei Verdünnung mit Wasser erhalten werden, können also, je nach dem Fermentgehalte und dem Gehalte der Flüssigkeit an Fibrinogen und fibrinlösenden Stoffen, sehr bedeutend wechseln.

Die Resultate, welche durch die Verdünnung mit Wasser erhalten werden, sind also von einem untergeordneten Werthe als Beweise für die Fähigkeit kleiner Salzmengen einen Theil des in den Transsudaten gebildeten Faserstoffes in Lösung zu halten. Dagegen geht diese Fähigkeit der Salze aus den oben angeführten Versuchen hervor, und wir können also weiter gehen.

Wenn die Alkalien und Salze einen Theil des in einem Transsudate gebildeten Faserstoffes in Lösung halten, ist es klar, dass diejenigen Stoffe, welche diese Lösungsmittel gewissermaassen in Anspruch nehmen, eine Einwirkung auf die Gerinnung ausüben müssen, und zwar eine um so energischere je grösser ihre Affinität zu den fraglichen Lösungsmitteln ist.

Es folgt also hieraus, dass die Neutralisation mit einer Säure die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes vermehren muss, und diese Voraussetzung finden wir in der That durch die in der Tabelle *3* dagelegten Ver-

Digitized by Google

suchsresultate bestätigt. Ist die Menge des Faserstoffes eine grössere, als dass sie durch die vorhandene Alkalimenge vollständig in Lösung gehalten werden könnte, scheidet sich, trotz des vorhandenen Alkalis, ein Theil des Faserstoffes aus; aber ein, vielleicht noch grösserer, Theil bleibt gelöst. Neutralisirt man nun mit einer Säure, so scheidet sich der vorher durch das Alkali gelöste Faserstoff grösstentheils (mit Ausnahme einer geringen Menge, welche durch das bei der Neutralisation gebildete Salz in Lösung gehalten wird) wieder aus, und man erhält in diesen Fällen, wie in den Versuchen *1*, *2*, *4* und *5*, Tab. *3* eine grössere Ausbeute an Fibrin. Enthält die Hydroceleflüssigkeit schon von vorneherein eine, im Verhältniss zu dem vorhandenen Alkali, geringe Fibrinogenmenge, wird sämmtlicher Faserstoff in Lösung gehalten und die Gerinnung bleibt vollständig aus. Neutralisirt man in diesem Falle mit einer Säure, so muss die Gerinnung eintreten und man erhält dasselbe Resultat, wie in dem Versuche *3*, Tab. *3*. Indessen kann man durch die Neutralisation nicht alles Fibrin wiedergewinnen, denn es entsteht bei der Neutralisation eine entsprechende Vermehrung des Salzgehaltes und hierdurch wird ein neuer Theil des Faserstoffes in Lösung gehalten. Die Menge des in dieser Weise neugebildeten Salzes ist bei dem gewöhnlichen, geringen Alkaligehalte der Transsudate allerdings nur eine unbedeutende; wenn man aber die Alkalimenge vermehrt, kann die Menge des neugebildeten Salzes so gross werden, dass die Gerinnung dadurch vollständig verhindert wird.

Dieses Verhalten wurde übrigens schon von AL. SCHMIDT beobachtet, und als eine Bestätigung des von mir oben über die Wirkung des Alkalis und der (bei der Neutralisation entstehenden) Salze auf die Gerinnung gesagten, möchte es erlaubt sein, aus der Arbeit von AL. SCHMIDT[1]) Folgendes anzuführen.

SCHMIDT spricht sich (S. 455) in folgender Weise über die Wirkung der Säuren und Alkalien aus:

"Setzte ich zu einem fibrinösen Transsudate eine Globulinlösung mit so viel Ueberschuss an Essigsäure oder Natron, dass die Gerinnung gerade behindert wurde, so trat sie in einer anderen Portion dieses Gemenges ein, wenn ich die saure oder alkalische Reaction bis zur ganz schwachen Alkalescenz wieder abstumpfte, aber sie zeigte sich doch immer verlangsamt und unvollkommen. Dieses ist um so mehr der Fall, je grösser der Alkali- oder Säureüberschuss war, endlich gelangt man an einen Punkt, wo die Gerinnung auch nach der Saturation jenes Ueberschusses ausbleibt.

[1]) *Du Bois-Reymonds und Reicherts Archiv* 1862. S. 455.

Digitized by Google

Dieses liegt nicht an einer Veränderung oder Zerstörung der fibrinoplastischen Substanz in stark sauren oder stark alkalischen Lösungen, sondern blos an der auf diese Weise bedingten Entstehung einer zu grossen Menge von essigsaurem Natron in der Flüssigkeit". — . . . . . "Ist die Menge des auf diese Weise in die Flüssigkeit gebrachten essigsauren Natrons gross genug, um die Gerinnung ganz zu hemmen, so tritt sie bei Wasserzusatz doch wieder ein".

Diese Beobachtungen von SCHMIDT, welche nunmehr allerdings in einer etwas veränderten Weise gedeutet werden müssen, stimmen vollkommen mit denjenigen überein, welche ich zu machen Gelegenheit hatte. Sie zeigen nämlich, dass die Gerinnung durch das Alkali vollständig verhindert werden kann, und weiter, dass diese hemmende Einwirkung nach der Neutralisation des Alkalis wieder verschwindet. Nach dieser Neutralisation des Alkalis wird indessen die Gerinnung in Folge des neugebildeten Salzes theilweise verhindert, und mit einem grösseren, ursprünglichen Alkaligehalte, d. h. mit einer wachsenden Menge des bei der Neutralisation gebildeten Salzes, wird die Menge des ausgeschieden Faserstoffes stäts eine kleinere. SCHMIDT erklärt dieses Verhalten durch die Annahme, dass die chemische Verbindung der beiden Eiweissstoffe durch die Alkalien und Salze verhindert werde; ich erkläre es so, dass ein mit einem steigenden Gehalte an Alkalien und Salzen wachsender Theil des gebildeten Faserstoffes in Lösung gehalten wird.

In derselben Weise wie die Neutralisation wirkt auch ein Zusatz von $CaCl_2$ auf die Gerinnung ein. Dieses Salz wirkt nämlich einerseits beschleunigend auf die Gerinnung und andererseits vermehrt es die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes. Bevor wir zu der Wirkungsweise des Paraglobulins übergehen, möchte es also vielleicht passend sein die Wirkungsweise des Chlorcalciums mit einigen Worten zu berühren.

Nachdem ich gefunden hatte[1]), dass die Ausscheidung des Käses bei der Caseingerinnung mit Lab an die Anwesenheit einer genügenden Menge von Calciumphosphat gebunden ist, könnte man, auf Grund der grossen Uebereinstimmung, welche zwischen der Gerinnung des Caseins und des Fibrinogens obwaltet, vielleicht zu der Annahme geführt werden, dass der Faserstoff, eben so wie der Käse, eine Calciumphosphathaltige Verbindung sei, und dass ein Zusatz von $CaCl_2$ nur durch das neugebildete Calciumphosphat auf die Faserstoffgerinnung einwirke. Ich glaube doch nicht, dass diese Annahme berechtigt sein kann. Das aus einer reinen Fibrino-

[1]) *Upsala Läkareförenings förhandlingar Bd. 9. Malys Jahresbericht* (über das Jahr 1874).

Digitized by Google

genlösung gewonnene Fibrin ist nämlich eben so unlöslich wie das gewöhnliche, aus dem Blute gewonnene, und dennoch enthält jenes höchstens Spuren von Kalksalzen. Ich habe bei mehreren Gelegenheiten das möglichst reine Fibrin eingeäschert und dabei keine (qualitativ) sicher nachweisbare Spuren von Salzen finden können. Zu diesen Untersuchungen wurden doch nur kleine Fibrinmengen, einige Decigrammen, verwendet, und es mag wohl kaum berechtigt sein, aus den mit so kleinen Mengen erhaltenen Resultaten über die An- oder Abwesenheit von Mineralbestandtheilen ein Urtheil zu fällen. Ich werde, sobald es mir möglich wird, grössere Mengen reinen Faserstoffs in Arbeit nehmen und der dabei erhaltenen Resultate in einer anderen Abhandlung Erwähnung thun.

Aber selbst unter der Annahme, dass der möglichst reine Faserstoff einen constanten Gehalt an Calciumphosphat hatte, muss die Menge dieses Salzes eine so ausserordentlich geringe sein; dass kaum ein Zusatz von $CaCl_2$ zu den Hydroceleflüssigkeiten nöthig sein würde. Jedenfalls musste, in Anbetracht der sehr geringen Fibrinogenmengen, welche als Regel in den Transsudaten enthalten sind, schon die kleinste zu meinen Versuchen verwendete $CaCl_2$-Menge eine mehr als genügende sein, und es bleibt unter diesen Verhältnissen nicht leicht zu verstehen, warum die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes — wie es aus der Tabelle I unverkennbar hervorgeht — mit einem steigenden $CaCl_2$-Zusatze innerhalb gewisser Grenzen zunimmt. Ich glaube also, dass die Einwirkung des Chlorcalciums auf die Faserstoffgerinnung in einer anderen Weise erklärt werden muss.

Die Wirkung des Calciumphosphates bei der Caseingerinnung ist leicht zu verstehen, während die Einwirkung des Chlorcalciums auf denselben Process noch einer vollständigen Erklärung harrt. Es sprechen doch mehrere Umstände für die Ansicht, dass der Käse in einer $CaCl_2$-haltigen Flüssigkeit schwerlöslich oder unlöslich ist; aber diese Erklärung ist in Bezug auf die Einwirkung des Chlorcalciums auf die Faserstoffgerinnung nicht zu verwenden. Der Faserstoff kann nämlich, wie wir oben gesehen haben und wie es ausserdem aus dem Versuche *5 δ*, Tabelle *I*, hervorgeht, durch eine grössere $CaCl_2$-Menge in Lösung gehalten werden, und es ist doch höchst unwahrscheinlich, dass eine geringe $CaCl_2$-Menge den Faserstoff unlöslich machen könnte, während derselbe Eiweisskörper durch eine grössere Menge desselben Salzes unzweifelhaft gelöst wird.

Dagegen kann die Einwirkung des $CaCl_2$:s in einer anderen, und zwar in der folgenden, Weise erklärt werden. Die alkalisch reagirenden Transsudate enthalten eine ziemlich bedeutende Menge Alkali, welches wahr-

Digitized by Google

scheinlich zum grossen Theile als kohlensaures, zum geringeren Theile auch als phosphorsaures Salz darin enthalten ist. Wird zu einer solchen Flüssigkeit eine $CaCl_2$-Lösung gesetzt, so müssen die Salze ihre Bestandtheile tauschen, und es entstehen also einerseits Chloralkalien und andererseits kohlensaurer und phosphorsaurer Kalk. Dass diese letztgenannten Salze, wenn deren Menge eine nicht zu grosse ist, in den hier in Betracht kommenden Flüssigkeiten wirklich löslich sind, lässt sich mit Leichtigkeit zeigen, und eben so leicht kann man sich davon überzeugen, dass ein derartiger Austausch von Bestandtheilen wirklich stattfindet. Nach Zusatz von einer genügenden Chlorcalciummenge erhält man nämlich oft einen aus kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk bestehenden Bodensatz.

Nun hat man weiter gefunden, dass die kohlensauren Alkalien nicht in demselben Grade wie die kaustischen auf die Gerinnung störend einwirken, und es ist desshalb wahrscheinlich, dass der kohlensaure und phosphorsaure Kalk eine noch schwächere Wirkung ausüben. Diese Vermuthung habe ich in der That auch in einigen Versuchen bestätigt gefunden. Eine Fibrinogenlösung wurde in 2 Portionen getheilt; die eine wurde mit einer geringen Menge Kalkwasser versetzt und dann, unter stätigem Umrühren, mit der Luft in Berührung gelassen, bis die Reaction eine fast neutrale geworden war; oder ich neutralisirte durch vorsichtigen Zusatz von einer höchst verdünnten Phosphorsäure, Die andere Portion blieb. einfach mit der Luft in Berührung stehen. Nach Zusatz von einer Fermentlösung konnte ich keinen wesentlichen Unterschied in dem Verhalten der beider Proben beobachten; in einigen Versuchen gerann doch die kalkhaltige Probe ein wenig früher.

Die Kalksalze — der kohlensaure und der phosphorsaure kalk — haben also nicht die Fähigkeit der Alkalien die Gerinnung zu verhindern, und hierin liegt, wie ich glaube, die richtigste Erklärung von der Einwirkung des Chlorcalciums auf die Gerinnung. Das $CaCl_2$ wirkt also gewissermaassen in derselben Weise wie der Zusatz von einer Säure. Das Alkali, welches die Gerinnung verhindert, wird in beiden Fällen unwirksam gemacht; und ein Zusatz von $CaCl_2$ muss also eben so wohl wie die Neutralisation mit einer Säure einerseits den Gerinnungsvorgang wesentlich beschleunigen und andererseits die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes vermehren. Durch diese Anschauungsweise wird es auch verständlich, warum die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes mit einer steigenden Chlorcalciummenge vermehrt wird; es wird nämlich hierdurch ein immer wachsender Theil des Alkalis unwirksam gemacht.

Digitized by Google

Ich will allerdings nicht behaupten, dass die nun gegebene Erklärung eine erschöpfende ist; aber ich weiss auch keine andere, welche mit den Thatsachen besser zu vereinbaren ist, und übrigens kann es wohl nicht bezweifelt werden, dass man die Einwirkung des $CaCl_2$:s wenigstens zum Theile in der oben angegebenen Weise erklären muss.

Es bleibt nun übrig, die Wirkungsweise des Paraglobulins zu besprechen. Das Paraglobulin löst sich mit der grössten Leichtigkeit in Alkalien und Salzen auf, während der Faserstoff unter allen Verhältnissen durch diese Stoffe nur sehr schwierig gelöst wird. Das Paraglobulin hat also zu diesen Lösungsmitteln eine grössere Affinität als der Faserstoff, und wenn in einer fibrinösen Flüssigkeit eine genügende Paraglobulinmenge vorhanden ist, kann also keine nennenswerthe Menge von den Lösungsmitteln für das gebildete Fibrin übrig bleiben. Es muss also unter diesen Verhältnissen der Faserstoff möglichst vollständig ausgeschieden werden.

Die Einwirkung des Paraglobulins auf die Faserstoffgerinnung war eine doppelte; einerseits wird die Gerinnung dadurch beschleunigt und andererseits wird die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes dadurch vermehrt. Die erste Einwirkung kann wohl, zum Theile, durch die Affinität des Paraglobulins zu dem Alkali erklärt werden, aber die eigentliche und wichtigste Ursache liegt darin, dass das Paraglobulin stäts von dem Fibrinfermente stark verunreinigt ist. Die zweite Einwirkung, die Vermehrung des ausgeschiedenen Faserstoffes, kann bisweilen, wenigstens theilweise, von der Verunreinigung mit dem Fermente herrühren; aber sie rührt eigentlich von der Affinität des Paraglobulins zu den fibrinlösenden Stoffen her.

In dieser Weise wollte ich meine Ansicht über die Wirkungsweise des Paraglobulins bei der Faserstoffgerinnung formuliren, und wir wollen nun auf diese Ansicht etwas näher eingehen.

Die wichtigsten Gründe für die Annahme einer genetischen Beziehung zwischen den beiden Eiweisskörpern, dem Paraglobulin und dem Fibrin, welche von ALEX. SCHMIDT hervorgehoben wurden, waren die folgenden. Einerseits giebt es gewisse Hydroceleflüssigkeiten, welche nicht durch Fermentzusatz allein, sondern erst durch Zusatz eines Gemenges von Paraglobulin und Ferment gerinnen, und andererseits ist es möglich in einer und derselben Hydroceleflüssigkeit durch Zusatz von Paraglobulin sogar 6 Mahl mehr Fibrin als durch Zusatz von dem Fermente allein zu gewinnen. Es fragt sich nun, wie diese beiden Angaben mit meiner Ansicht zu vereinbaren sind, und wir wollen also zu dieser Frage übergehen.

Eine fibrinöse Flüssigkeit, welche durch Fermentzusatz allein nicht gerinnt, enthält einen, im Verhältniss zu dem gebildeten Faserstoffe so

Digitized by Google

grossen Gehalt an Alkali und Salzen, dass sämmtlicher Faserstoff in Lösung gehalten werden kann. Eine derartige Flüssigkeit kann, wie wir aus dem Versuche *3*, Tabelle *3*, ersehen haben, durch Neutralisation mit einer Säure, oder, wie es aus dem Versuche *4*, Tabelle *1*, ersichtlich wird, durch Zusatz von $CaCl_2$ zum Gerinnen gebracht werden, und ebenso muss die Gerinnung eintreten nach Zusatz von jedem anderen Stoffe, welcher zu den fibrinlösenden Stoffen eine Affinität hat. Ein Zusatz von Paraglobulin muss also, wegen der grossen Affinität dieses Stoffes zu den Alkalien und Salzen, in diesem Falle eine Gerinnung hervorrufen, und dieses trifft in der That auch zu.

Eine mit dem Fermente allein nicht gerinnende, fibrinöse Flüssigkeit muss also nach meiner Ansicht einen, im Verhältniss zu dem gebildeten Faserstoffe, zu grossen Gehalt an Alkalien und Salzen besitzen. Ein derartiges Missverhältniss kann entstehen, wenn die Menge der fibrinlösenden Stoffe eine absolute Vermehrung erfahren hat, oder auch, wenn bei einem normalen Gehalte an fibrinlösenden Stoffen, die Menge des Fibrinogens eine sehr geringe ist, oder endlich — und zwar im höchsten Grade — wenn diese beiden Möglichkeiten gleichzeitig vorhanden sind. Von diesem Gesichtspunkte aus ist es nicht ohne Interesse, dass die Hydroceleflüssigkeiten im Allgemeinen, besonders im Verhältniss zu dem Blutplasma, fibrinogenarme Flüssigkeiten sind, und vor Allem dass sie, wie ich in mehreren Fällen zu beobachten Gelegenheit hatte, bei einem grossen Gehalte an festen Stoffen bisweilen nur einen unbedeutenden Gehalt an Fibrinogen besitzen.

Der Umstand, dass die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes mit der Menge des zugesetzten Paraglobulins stätig zunimmt, kann, wie ich glaube, in folgender Weise erklärt werden. Wir wollen annehmen, dass in einem gegebenen Falle, wie z. Beispiel in dem Versuche *2*, Tabelle *2*, 0,116 Gm Fibrin gebildet werden können, dass aber bei Zusatz von dem Fermente allein die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes nur 0,016 Gm beträgt. Die Versuchsflüssigkeit, deren Menge 272 Cc beträgt, kann also in diesem Falle 0,100 Gm Faserstoff in Lösung halten, und erst nachdem die Gesammtmenge der fibrinlösenden Stoffe durch irgend einen Zusatz unwirksam gemacht worden, kann die ganze Faserstoffmenge sich ausscheiden. Wird nun, durch einen ungenügenden Zusatz von Paraglobulin, nur $^1/_5$ dieser Lösungsmittel gebunden, so wird die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes nur um 0,020 Gm vermehrt; werden durch einen grösseren Paraglobulinzusatz $^3/_4$ davon unwirksam gemacht, so muss die ausgeschiedene Faserstoffmenge um 0,075 Gm vermehrt werden, und bei Zusatz von einer völlig genügenden Paraglobulinmenge muss endlich alles Fibrin, 0,116 Gm, sich aus-

Digitized by Google

scheiden. Durch Zusatz von Paraglobulin muss also in diesem Falle sogar 7 Mahl mehr Fibrin, als durch Zusatz von dem Fermente allein, erhalten werden, und übrigens muss die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes mit der Menge des zugesetzten Paraglobulins wachsen.

Die beiden von ALEX. SCHMIDT angefürten Gründe, welche am meisten für eine chemische Verbindung des Paraglobulins und des Fibrinogens zu sprechen scheinen, sind also mit meiner Anschauungsweise sehr leicht zu vereinbaren.

Aus den Versuchen *4* und *5*, Tab. *2*, ersehen wir, dass es Fälle giebt, in welchen gar keine Vermehrung der ausgeschiedenen Fibrinmenge durch Zusatz von Paraglobulin erzeugt wird; im Gegentheil wurde in dem Versuche *4* bei Anwesenheit von Paraglobulin etwas weniger Fibrin erhalten. Dieses auffallende Verhalten rührt wohl daher, dass ein Theil des ausgeschiedenen Faserstoffes wiederaufgelöst wurde. In fibrinogenarmen Transsudaten findet nämlich eine derartige Auflösung bisweilen Statt und sie rührt, wie ich schon oben bemerkt habe, von einer Verunreinigung des Paraglobulins mit einem fibrinlösenden, fermentartigen Stoffe her.

Den Grund, warum in dem Versuche *5* das Paraglobulin sowie das Casein keine Vermehrung der Faserstoffmenge erzeugte, kann ich nicht angeben. Bemerkenswerth bleibt es doch, dass auch das $CaCl_2$ genüber dieser Flüssigkeit als unwirksam sich erwies, und es ist desshalb nicht unmöglich, dass die Menge des Alkalis oder der fibrinlösenden Stoffe überhaupt in dieser Flüssigkeit eine so geringe war, dass sie keinen merkbaren Einfluss auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes ausüben konnte. Da ich auf dieses unerwartete Versuchsresultat ganz unvorbereitet war, hatte ich keinen Theil der Flüssigkeit für eine besondere Analyse aufbewahrt, und es konnten also leider keine Untersuchungen über den Alkali- und Salzgehalt dieser Flüssigkeit ausgeführt werden.

Das Paraglobulin hat, wie es schon mehrmals hervorgehoben wurde, eine grosse Affinität zu den fibrinlösenden Stoffen, dem Alkali und den Salzen, und durch dieses Verhalten könnte die Einwirkung dieses Eiweisskörpers auf die Fibrinmenge zum grossen Theil erklärt werden. Diese Einwirkung hat indessen auch eine andere Ursache, nämlich die Verunreinigung des Paraglobulins mit dem Fibrinfermente. SCHMIDT giebt an, dass die Menge des Fibrinfermentes nur auf die Geschwindigkeit der Gerinnung, nicht aber auf die Menge des Faserstoffes einen Einflüss übe. Von einem gewissen Gesichtspunkte aus ist diese Angabe auch eine richtige, denn das Fibrinferment hat gar keinen direkten Einfluss auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes. Dagegen kann die Fermentmenge eine indirekte Ein-

Digitized by Google

wirkung auf die Fibrinmenge ausüben, und es lässt sich leicht zeigen, dass, ceteris paribus, bei einer grösseren Fermentmenge, d. h. bei einer grösseren Gerinnungsgeschwindigket, eine grössere Ausbeute an Faserstoff in einem Transsudate erhalten werden kann.

Es kann diess am einfachsten in der Weise gezeigt werden, dass man von einer, spontan nicht gerinnenden Hydroceleflüssigkeit 2 gleich grosse Proben abmisst und die eine mit dem gleichen Volumen einer concentrirten, die andere mit dem gleichen Volumen einer sehr verdünnten Fermentlösung versetzt. Die fermentreichere Probe gerinnt nicht nur ungemein rascher als die andere, sondern sie liefert auch eine bedeutend grössere Menge eines festeren, nicht so lockeren Faserstoffes. Bisweilen gehen beide Proben in Fäulniss über, bevor noch eine namhafte Faserstoffmenge in der fermentärmeren Probe ausgeschieden worden ist, und in einigen Fällen ist die Faserstoffgerinnung in dieser Probe überhaupt etwas zweifelhaft. Es stellt sich nur — wie es von ALEX. SCHMIDT [1]) in Hydroceleflüssigkeiten, welche 2—3 Wochen gestanden hatten, beobachtet wurde — "ein Stadium flockiger Trübung ein, von welcher es in einzelnen Fällen schwer zu entscheiden sein mag, ob sie durch die Trümmer geringfügiger, zarter und bald wieder zerfallender Fibrinausscheidungen bedingt ist, oder durch die schon eintretende Fäulniss".

Dieses Verhalten bietet nichts Auffallendes dar, denn es ist ja für eine Fermentwirkung gewissermaassen charakteristisch, dass dasselbe Resultat, welches durch eine grosse Fermentmenge in kürzester Zeit erzielt wird, bei Anwesenheit von nur Spuren des Fermentes erst nach Verlauf von Tagen oder Wochen erreicht werden kann. Nun enthalten die Fermentlösungen im Allgemeinen nur eine geringe Menge des wirksamen Principes, und durch die beim Vermischen beider Flüssigkeiten stattfindende Verdünnung wird die Zahl der Berührungspunkte zwischen dem Fibrinogen und dem Fermente vermindert. Es kann also beim Zusammenmischen von einer Hydroceleflüssigkeit und einer Fermentlösung nur selten eine sehr rasche und ergiebige Gerinnung eintreten. Wird aber zu einem derartigen Gemenge eine grössere Paraglobulinmenge gesetzt, so wird gleichzeitig auf einmal eine grosse Fermentmenge in die Flüssigkeit eingeführt, und es wird dadurch möglich in der paraglobulinhaltigen Probe im Laufe von einigen Minuten das zu erreichen, was in der paraglobulinfreien Probe erst nach Verlauf von einigen Stunden oder Tagen, und nach dieser Zeit sogar nur unvollständig, erreicht werden kann.

---

[1]) *Du Bois-Reymonds und Reicherts Archiv.* S. 451.

Digitized by Google

Die Einwirkung einer ungleichen Fermentmenge auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes (wenn kein Zusatz von Paraglobulin stattgefunden hat) macht sich nur dann in höherem Grade geltend, wenn einerseits die Gerinnungsgeschwindigkeiten sehr ungleiche sind und andererseits die Menge des Fibrinogens, im Verhältniss zu dem Alkali und den Salzen, eine geringe ist. Desshalb macht sich auch diese Einwirkung der Fermentmenge vorzugsweise in den Hydroceleflüssigkeiten geltend, während sie in dem fibrinogenreichen Blutplasma und den concentrirten Fibrinogenlösungen kaum merkbar ist. Indessen tritt sie auch in den letztgenannten Flüssigkeiten bisweilen ziemlich deutlich auf, und in dieser Hinsicht möchten die beiden, in der Tabelle *4* enthaltenen Versuche nicht ganz ohne Interesse sein. In beiden Versuchen wurde die Gerinnung durch die Anwesenheit des (von dem Fermente verunreinigten) Paraglobulins sehr beschleunigt; aber in dem Versuche (*2*) mit der fibrinogenreichsten Flüssigkeit machte sich eine kaum nennenswerthe Einwirkung auf die Faserstoffmenge geltend, während in dem Versuche mit der etwas fibrinogenärmeren Flüssigkeit die Faserstoffmenge durch Zusatz von Paraglobulin um 9,2 % [1]) vermehrt wurde. In diesem Versuche (N:o *1*) war die Gerinnung in der paraglobulinhaltigen Probe schon im Laufe von 2 Stunden, in der paraglobulinfreien dagegen erst nach Verlauf von 22 Stunden beendigt. In dem Versuche *2*, in welchem die Faserstoffmenge durch das Paraglobulin nur um 1,3 % vermehrt wurde, war dagegen die Gerinnung in der paraglobulinfreien Probe schon nach Verlauf von 2 Stunden vollständig zu Ende gebracht.

Die Einwirkung der Gerinnungsgeschwindigkeit auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes tritt doch, wie oben gesagt wurde, eigentlich nur in den fibrinogenarmen Transsudaten auf und sie könnte vielleicht in folgender Weise erklärt werden.

Wir haben oben gesehen, dass der ausgeschiedene Faserstoff durch das Alkali wiederaufgelöst werden kann und dass er dabei, allem Anscheine nach, in einen paraglobulinähnlichen Körper verwandelt wird. Eine derartige Umwandlung muss wahrscheinlich derjenige Faserstoff noch leichter durchmachen, welcher schon im Entstehungsaugenblicke von dem Alkali gelöst wird, und wenn diese Annahme berechtigt ist, kann die Einwirkung der Gerinnungsgeschwindigkeit auf die Menge des Faserstoffes in ziemlich einfacher Weise erklärt werden. In einer fermentreichen Flüssigkeit wird wie mit einem Schlage fast alles Fibrinogen als Faserstoff ausgeschieden, und wenn diess einmal geschehen ist, kann es von einer namhafteren Wieder-

[1]) Man beachte hier das schon oben (S. 61 in der Anmerkung) über die Menge des Faserstoffes gesagte.

Digitized by Google

auflösung nicht die Rede sein. In einer fermentarmen und gleichzeitig — im Verhältniss zu der Menge des Alkalis und der Salze — fibrinogenarmen Flüssigkeit wird dagegen keine grosse Faserstoffmenge sogleich ausgeschieden; es tritt hier erst nach Verlauf von längerer Zeit eine spärliche Gerinnung ein, und erst nach und nach treten neue, unbedeutende, lockere Gerinnsel auf. Man kann wohl nicht bezweifeln, dass unter diesen Verhältnissen die bei jedem Gerinnen ausgeschiedenen Gerinnsel nur einen Theil von dem überhaupt gebildeten Faserstoffe ausmachen, während der Rest in Lösung gehalten und durch das Alkali verändert wird. Wenn aber der in Lösung gebliebene, ziemlich schwerlösliche Faserstoff in dieser Weise durch das Alkali in einen leichtlöslichen, paraglobulinähnlichen Körper verwandelt wird, muss allmählich ein Theil der fibrinlösenden Stoffe wieder disponibel werden, und es können in dieser Weise neue Bruchtheile von dem bei dem nächsten Gerinnen entstandenen Faserstoffe in Lösung gehalten und durch das Alkali umgewandelt werden. Erst wenn sämmtliche Lösungsmittel durch den neugebildeten paraglobulinähnlichen Körper gebunden worden sind, können keine weitere Mengen des gebildeten Faserstoffes in Lösung gehalten werden.

Ich will nicht behaupten, dass diese Ansicht über die Wirkungsweise einer ungleichen Gerinnungsgeschwindigkeit auf die Menge des Faserstoffes eine richtige, geschweige denn eine erschöpfende ist; aber ich weiss gegenwärtig keine andere, welche mit den Thatsachen besser in Einklang gebracht werden könnte. Übrigens hängt nicht so viel von einer richtigen Erklärung ab, denn es ist doch immer eine Thatsache, von deren Richtigkeit ein Jeder sich überzeugen kann, dass eine verschiedene Gerinnungsgeschwindigkeit unter gewissen Umständen einen nicht unbedeutenden Einfluss auf die Faserstoffmenge ausüben kann. Dieser Einfluss ist von einer untergeordneten Bedeutung, wenn der Fibrinogenhalt ein bedeutender ist so wie auch, wenn der Unterschied in den Gerinnungsgeschwindigkeiten nur ein geringfügiger ist. Sobald aber, wie es in den Transsudaten als Regel der Fall ist, die Fibrinogenmenge eine im Verhältniss zu den vorhandenen fibrinlösenden Stoffen mässige oder unbedeutende ist, macht sich dieser Einfluss geltend, und zwar in einem um so höheren Grade, je grösser die Unterschiede der Gerinnungsgeschwindigkeiten sind. Diese ungleichen Gerinnungsgeschwindigkeiten, welche eine verschiedene Faserstoffmenge bedingen, müssen wohl von dem ungleichen Fermentgehalte herrühren, und aus diesem Grunde sprach ich oben den Satz aus, dass eine grössere Fermentmenge unter gewissen Umständen die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes (indirekt) vermehren kann.

Digitized by Google

Die Gerinnung kann durch Verdünnung der fibrinösen Flüssigkeit mit Wasser, selbst bei unveränderter relativen Fermentmenge, bedeutend verzögert werden; aber eine Verzögerung kann auch in dem gewissermassen entgegengesetzten Falle stattfinden, in dem Falle nämlich, wenn man bei unverändertem Fibrinogen- und Fermentgehalte die Menge der festen Stoffe vermehrt. Auch dieses Verhalten ist SCHMIDT nicht entgangen und er spricht sich darüber[1]) folgendermassen aus. "Es hat sich nun aber aus anderen Verhältnissen herausstellt, dass bei gleichem Gehalt an letzterer" (an fibrinogener Substanz) "die Widerstände für ihre Ausscheidung wachsen in geradem Verhältniss zu der Concentration der Flüssigkeit".

Um diese verzögernde Einwirkung einer vermehrten Concentration auf die Gerinnung zu zeigen, möchte es vielleicht genügend sein aus meinen Versuchsprotokollen die folgende Beobachtung anzuführen. Von einer Hydroceleflüssigkeit wurden 2 gleich grosse Portionen abgemessen und jede mit dem gleichen Volumen einer kräftig wirkenden Fermentlösung versetzt. Zu der einen Probe wurde darauf so viel Rohrzucker in Substanz gesetzt, dass die Flüssigkeit nach vollständiger Lösung und Umrühren 5 % Zucker enthielt. Die zuckerfreie Probe gerann innerhalb 3, die zuckerhaltige erst nach Verlauf von 68 Stunden. Beide Proben wurden bei Zimmerwärme, 12—16° Celsii, beobachtet.

Durch Vermehrung von der Menge der festen Stoffe in einem Transsudate führt man also ein Gerinnungshinderniss ein[2]), und um dieses unwirksam zu machen, muss die Menge des Fermentes vermehrt werden. Durch Verdünnen mit Wasser kann auch in einer derartigen, concentrirten Flüssigkeit die Gerinnung sehr beschleunigt werden, während in einer schon von vorneherein sehr stoffarmen Flüssigkeit die Gerinnung durch Verdünnen mit Wasser sehr bedeutend verlangsamt werden kann.

Erinnert man sich nun, dass die Menge des in einem Transsudate ausgeschiedenen Faserstoffes abhängig ist von: der Menge des Fibrinogens, dem Gehalte der Flüssigkeit an fibrinlösenden Stoffen, dem Gehalte an festen Stoffen überhaupt, der zugesetzten Fermentmenge und der bei dem Zusatze von der Fermentlösung stattfindenden Verdünnung, so ist es nicht schwierig einzusehen, dass eine richtige Deutung der in den speciellen Fällen erhaltenen, einander bisweilen etwas widersprechenden Resultate nicht immer eine leichte Aufgabe ist.

---

[1]) *Reicherts und Du Bois-Reymonds Archiv 1861.* S. 562 und 563.

[2]) Die gerinnungsverzögernde Einwirkung grösserer Salzmengen muss also auch, wenigstens zum Theil, von dieser Ursache herrühren.

Digitized by Google

Ueber die Bedeutung des Paraglobulins lässt sich doch, wie ich glaube, Folgendes sagen: die Affinität zu den fibrinlösenden Stoffen einerseits, und die, von der Verunreinigung mit dem Fibrinfermente herrührende, beschleunigende Einwirkung auf die Gerinnung andererseits, sind die beiden Ursachen, welche die Einwirkung des Paraglobulins auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes bedingen.

In derselben Weise, wie das Paraglobulin, wirkt auch das durch Verunreinigung mit Serumbestandtheilen leichtlöslich gewordene Casein. Auch dieser Eiweisskörper ist von dem Fibrinfermente verunreinigt, und er muss desshalb eine beschleunigende Einwirkung auf die Gerinnung ausüben. In anderer Weise wirkt dagegen das reine Casein, welches, so weit meine bisherigen Erfahrungen reichen, vielmehr eine verzögernde Einwirkung auf die Gerinnung ausübt. Diess kann auch in der That nunmehr nicht sehr befremden, denn durch Zusatz von dem reinen Casein, welches in grosser Menge von den Hydroceleflüssigkeiten gelöst wird, vermehrt man den Gehalt der Flüssigkeit an festen, nicht gerinnenden Stoffen, ohne gleichzeitig den Fermentgehalt zu vermehren, und dadurch kann, wie ich soeben gezeigt habe, die Gerinnung sogar höchst bedeutend verzögert werden.

Mit dem unreinen Casein führt man dagegen eine bedeutende Fermentmenge in die Flüssigkeit ein — dieses geht unzweifelhaft aus der bisweilen höchst bedeutend beschleunigten Gerinnung hervor — und ausserdem ist das reine Casein lange nicht so löslich in Alkalien und Salzen wie das unreine. Dieses letztere hat also eine grössere Affinität zu den fibrinlösenden Stoffen als jenes und es muss aus diesem Grunde auch einen grösseren Einfluss auf die Fibrinmenge ausüben.

Es ist selbstverständlich in dem speciellen Falle nicht leicht zu sagen, ob der grosse Fermentgehalt oder die Leichtlöslichkeit des unreinen Caseins (resp. Paraglobulins) das wichtigste Moment sei; dass aber diese Leichtlöslichkeit im Allgemeinen von einer nicht zu unterschätzenden Bedeutung ist, scheint mir ganz unzweifelhaft zu sein, und es sprechen für diese Auffassung auch einige von mir über die Einwirkung des Vitellins auf die Gerinnung gemachten Erfahrungen.

Bei den Versuchen mit dem Vitellin ging ich von der folgenden Betrachtung aus. Es ist unzweifelhaft, dass das Casein durch Verunreinigung mit irgend einem Serumbestandtheil, oder auch mit mehreren, in einen leichtlöslicheren Stoff verwandelt wird. Dieser Serumbestandtheil wird von dem Casein bei dessen Ausfällung mit niedergerissen, und da es, meines Wissens, unter den bisher bekannten Serumbestandtheilen, keiner giebt, welchem die Eigenschaft, einerseits von anderen Stoffen mechanisch mitniedergerissen zu werden und andererseits die Löslichkeitsverhältnisse des verunreinigten

Digitized by Google

Körpers zu verändern, in höherem Grade zukommt als dem Lecithin, wäre es also nicht undenkbar, dass die Umwandlung des Caseins in einen paraglobulinähnlichen Körper von einer Verunreinigung mit Lecithin herrühren könnte. Diese Vermuthung gewinnt sogar an Wahrscheinlichkeit durch die folgende, höchst interessante Angabe von HOPPE-SEYLER. In einem Aufsatze, "*Über das Vitellin, Ichthin und ihre Beziehung zu den Eiweissstoffen*" von HOPPE-SEYLER[1]), berichtet dieser Forscher über eine von ARONHEIM ausgeführte Untersuchung in folgender Weise: "Hr ARONHEIM hat durch Wasser und einige Tropfen Essigsäure, Durchleiten von Kohlensäure und Stehenlassen aus Pferdeblut sowie aus Hydroceleflüssigkeit einen in Chlornatriumlösung klar löslichen Körper (A. SCHMIDT's fibrinogene und fibrinoplastische Substanz enthaltend) gefällt, der an warmen Alkohol eine lecithinartige Substanz abgab, die im Pferdeblut 2,6 pCt des ganzen Niederschlags ausmachte und nach einer freilich mit sehr kleiner Quantität ausgeführten Bestimmung des aus Hydrocele gewonnenen Körpers 7,53 pCt PO_5 enthielt".

Auf Grund dieser Untersuchung spricht sich HOPPE folgendermaassen aus: "es ist nach dem Angegebenen nicht ganz unwahrscheinlich, dass die fibrinbildenden Stoffe vitellinartige Körper sind, obwohl sie sich dadurch von Vitellin bestimmt unterscheiden, dass sie durch gesättigte ClNalösung gefällt werden".

Es sind diese, so weit ich verstehe, ebenso wichtige wie interessante Angaben, und es ist sehr wichtig zu untersuchen, ob die Umwandlung des Caseins in einen paraglobulinähnlichen Körper vielleicht von einer Verunreinigung mit Lecithin herrühren kann[2]). Über diesen Gegenstand habe ich auch schon einige Untersuchungen angestellt, aber deren Zahl ist noch eine so geringe, dass ich nicht diessmal über die erhaltenen Resultate berichten will.

Da es indessen, nach den oben citirten Angaben von HOPPE-SEYLER, nicht unwahrscheinlich ist, dass das Paraglobulin als ein vitellinartiger

---

[1]) Medicinisch-chemische Untersuchungen, zweites Heft. S. 219.

[2]) Wenn das Paraglobulin ein lecithinhaltiger Eiweisskörper wäre, könnten die Beobachtungen von PLÓSZ und mir über die Löslichkeit des Faserstoffes bei Anwesenheit von Paraglobulin vielleicht in anderer Weise gedeutet werden. Das Lecithin wird nämlich sehr leicht unter Freiwerden von Neurin zersetzt, und dieses Neurin ist, nach den Angaben von MAUTHNER, ein Lösungsmittel für das Fibrin. Der Faserstoff würde also in diesen Fällen durch das frei gewordene Neurin gelöst werden, und die Ähnlichkeit des Vorganges mit einem fermentativen Processe würde in diesem Falle von der allmählich stattfindenden Zersetzung des Lecithins herrühren. Jedenfalls möchte diese Hypothese einer Prüfung werth sein.

Digitized by Google

Stoff betrachtet werden kann, war es nicht ohne Interesse, die Einwirkung des Vitellins auf die Gerinnung zu untersuchen. Ich habe desshalb auch einige Versuche mit dem Vitellin angestellt, aber leider habe ich, wegen der Schwierigkeit in der letzten Zeit eine genügend grosse Menge Hydrocelefliissigkeit zu erhalten, nur qualitative und keine quantitative Versuche anstellen können.

Im Ganzen habe ich mit dem Vitellin nur drei Versuche angestellt, aber in allen machte sich eine deutliche Einwirkung auf die Faserstoffmenge geltend. In 2 Versuchen war der Zuwachs an Fibrin, nach dem Anscheine zu urtheilen, ein so bedeutender, dass ich wenigstens nicht an die Möglichkeit einer Einwirkung des Vitellins auf die Faserstoffmenge zweifeln kann. Indessen ist die Zahl der Versuche nur eine geringe, und da ich ausserdem, aus dem oben angegebenen Grunde, keine quantitativen Versuche ausführen konnte, kann ich selbstverständlich auf die mit Vitellin angestellten Versuche kein grosses Gewicht legen.

§ 6. *Die Versuche und Beobachtungen von* ALEX. SCHMIDT *stimmen mit der in dem vorigen § ausgesprochenen Ansicht gut überein.*

Oben habe ich gezeigt, dass der Faserstoff nicht durch eine chemische Verbindung von zwei Eiweissstoffen, dem Paraglobulin und dem Fibrinogen, entstehen kann, und in dem 2:ten Theile dieser Abhandlung habe ich den Versuch gemacht, die unverkennbare Einwirkung des Paraglobulins af die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes hauptsächlich durch die Affinität des erstgenannten Eiweisskörpers zu den fibrinlösenden Stoffen zu erklären. Bevor ich diesen 2:ten Theil meiner Abhandlung gänzlich verlasse, ist es also meine Pflicht zu untersuchen, ob auch die Erfahrungen anderer Forscher mit meiner Anschauungsweise zu vereinbaren sind.

Bei dem gegenwärtigen Stande der Fibrinfrage möchte es unzweifelhaft genügend sein nur die Erfahrungen von ALEX. SCHMIDT zum Gegenstande einer derartigen Untersuchung zu machen, und ich will also die wichtigsten Angaben SCHMIDTs auf Basis meiner Beobachtungen hier besprechen.

Die erste Abhandlung von SCHMIDT [1]) enthält keine Beobachtungen, welche einer eingehenderen Besprechung bedürfen, aber in der 2:ten [2]) finden wir einige Angaben; welche von einer anscheinend fundamentalen Wichtigkeit sind.

---

[1]) *Reicherts und Du Bois-Reymonds Archiv. Jahrgang* 1861.
[2]) *Reicherts und Du Bois-Reymonds Archiv. Jahrgang* 1862.

Digitized by Google

Wenn man (cfr Pag. 432—434) aus dem Blutserum das Paraglobulin möglichst vollständig mit einer Säure, z. B. Kohlensäure, entfernt, dann filtrirt und das Filtrat im Vacuo über Schwefelsäure wieder auf das ursprüngliche Volumen bringt, so erzeugt es in einer Hydroceleflüssigkeit keine oder höchstens, nach Verlauf von einigen Tagen, eine unbedeutende Gerinnung. Wird dagegen der mit Kohlensäure erzeugte Niederschlag in dem paraglobulinfreien Serum wiederaufgelöst, so übt dieses auf die Hydroceleflüssigkeit die gewöhnliche Wirkung aus.

Dieser Versuch ist als fundamental angesehen worden, und diese fundamentale Bedeutung wird eine scheinbar noch grössere, wenn wir einer Angabe von SCHMIDT in seiner dritten Abhandlung (Pflügers Archiv Bd. 6) uns erinnern. Er giebt nämlich an, dass ein Serum, welches seines Gehaltes an fibrinoplastischer Substanz vollständig beraubt worden ist, noch etwas Ferment enthält, denn dieses wird bei Fällung der fibrinoplastischen Substanz immer nur theilweise mit ausgeschieden. Mit dieser Angabe von ALEX. SCHMIDT bin ich auch völlig einverstanden, und ich habe, wie es in dieser Abhandlung schon Pag. 74 angegeben wurde, ganz dieselbe Erfahrung gemacht.

Wir können also annehmen, dass das in obengenannter Weise von SCHMIDT behandelte Serum, bis auf verschwindende Spuren, ein paraglobulinfreies war, während es noch eine merkbare Menge des Fibrinfermentes enthielt. Unter diesen Verhältnissen spricht der Versuch in noch höherem Grade für eine direkte Betheiligung des Paraglobulins bei dem Gerinnungsvorgange, und es bleibt um so mehr nothwendig, diese Versuche von meinem Standpunkte aus einer Prüfung zu unterwerfen.

Ich habe auch mit paraglobulinfreiem Serum gearbeitet, und ich habe dabei die Richtigkeit der von SCHMIDT gemachten Angaben bestätigen können. Das von mir benutzte Serum war indessen in der schon oben Pag. 72—73 angeführten Weise, durch Verdünnung mit Wasser, Fällung mit Essigsäure, Gefrierenlassen u. s. w., erhalten. Dieser Unterschied ist doch, wie ich glaube, ganz ohne Bedeutung, um so mehr als meine Beobachtungen mit denjenigen von ALEX. SCHMIDT übereinstimmen.

Bei meinen Versuchen machte ich indessen die Beobachtung, dass die Resultate wechseln können, und zwar mit dem Gehalte der Flüssigkeit an Fibrinogen. Wenn das paraglobulinfreie Serum mit dem gleichen Volumen einer verdünnten Fibrinogenlösung vermischt wurde, blieb die Gerinnung oft aus, wenn ich es dagegen zu einer concentrirten Fibrinogenlösung mischte, trat immer eine deutliche Gerinnung ein [1]), und bisweilen wurde

[1]) Man erinnere sich der oben Pag. 72—79 angeführten Versuche mit paraglobulinfreiem Serum.

Digitized by Google

dabei ein so festes Coagulum erhalten, dass das Glas ohne Gefahr umgekehrt werden konnte. Ein und dasselbe, paraglobulinfreie Serum konnte also unter verschiedenen Versuchsbedingungen ein verschiedenes Resultat geben; aber bei Versuchen mit concentrirten Fibrinogenlösungen blieb die Gerinnung noch in keinem Falle aus, während ich bei Versuchen mit verdünnten Fibrinogenlösungen und besonders bei Versuchen mit Transsudaten dasselbe Resultat wie ALEX. SCHMIDT erhalten habe. In diesen letzten Fällen blieb nämlich die Gerinnung aus.

In diesem Verhalten liegt, wie ich glaube, die richtige Deutung der von SCHMIDT erhaltenen Resultate. Es kann nicht bezweifelt werden, dass das Alkali des Serums, wenigstens zum Theil, von dem Paraglobulin gebunden ist, und wenn dieses Paraglobulin durch einen Strom von Kohlensäure ausgefällt wird, erhält man nach dem Verdunsten im Vacuo ein Serum, welches freie, disponible Alkalisalze in grösserer Menge als das ursprüngliche enthält. Wenn dieses Serum mit einem, spontan nicht gerinnenden, Transsudate vermischt wird, werden bei gleichzeitiger Verminderung des relativen Fibrinogengehaltes die Menge der fibrinlösenden Stoffe vermehrt, und dadurch kann, bei gleichzeitiger Anwesenheit von einer nicht sehr grossen Fermentmenge, die Entstehung des Faserstoffes verlangsamt und dessen Ausscheidung verhindert werden. Wenn aber in diesem Serum, vor dessen Zusatze zu dem Transsudate das Paraglobulin wieder aufgelöst wird, muss das Alkali gewissermassen wieder gesättigt werden, und in diesem Falle tritt auch die Gerinnung wieder ein.

Wenn man dagegen mit einer reinen, concentrirten Fibrinogenlösung arbeitet, ist die Menge des gebildeten Faserstoffes eine so bedeutende, dass dieser Eiweisskörper durch das freie, disponible Alkali bei weitem nicht in Lösung gehalten werden kann, und in diesem Falle muss also die Hauptmasse des Faserstoffes ausgeschieden werden. Es ist also nicht schwer zu verstehen, warum das paraglobulinfreie Serum nicht in den Transsudaten, welche relativ fibrinogenarme Flüssigkeiten sind, wohl aber in den concentrirten, paraglobulinfreien, reinen Fibrinogenlösungen eine Gerinnung zu Stande bringen kann. Das Ausbleiben der Gerinnung in den Transsudaten und deren Auftreten in den concentrirteren Fibrinogenlösungen, wenn beide mit demselben paraglobulinfreien Serum versetzt werden, können wie ich glaube kaum nach der älteren Hypothese erklärt werden, während sie fast mit Nothwendigkeit aus meiner Anschauungsweise folgen.

Eine andere, scheinbar sehr wichtige, Beobachtung von SCHMIDT ist die folgende. Wenn man (Pag. 434—435) aus Pferdeblutplasma, welches durch eine Kältemischung flüssig erhalten wurde, das Paraglobulin mit Kohlensäure vollständig niederschlägt und dann filtrirt, erhält man, wenn das

Digitized by Google

Filtrat im luftleeren Raume über Schwefelsäure auf das frühere Volum eingeengt wurde, eine Flüssigkeit, welche sich wie ein eiweissreiches, vor Verunreinigung mit Blut bewahrtes, Transsudat verhält; sie gerinnt bei Zusatz von defibrinirtem Blute, aber nicht spontan.

Das Ausbleiben der spontanen Gerinnung hängt wohl in diesem Falle von dem Mangel an dem Fibrinfermente ab, denn ein Pferdeblutplasma, welches durch eine Kältemischung flüssig erhalten wurde, enthält, wie es aus der 3:ten Abhandlung von SCHMIDT hervorgeht, nur sehr unbedeutende Fermentmengen, und diese werden grösstentheils von dem Paraglobulinniederschlage mechanisch mit niedergerissen. Ob ein in obengenannter Weise von Paraglobulin befreites Plasma erst durch Zusatz von dem Paraglobulin und nicht durch Zusatz von dem Fermente allein zum Gerinnen gebracht werden kann, weiss ich nicht; denn ich habe keine derartige Versuche angestellt und SCHMIDT, welcher bei der Ausführung dieser Versuche das Fibrinferment noch nicht entdeckt hatte, hat selbstverständlich über diese Frage in der fraglichen Abhandlung keine Aufschlüsse geben können. Ich halte es doch für nicht unwahrscheinlich, dass ein derartiges Plasma erst nach Zusatz von Paraglobulin gerinnt, denn auch in diesem Falle handelt es sich um eine Verminderung des Fibrinogengehaltes bei gleichzeitiger Vermehrung des Gehaltes an fibrinlösenden Stoffen. SCHMIDT bemerkt nämlich (Pag. 543), dass durch die Kohlensäure gleichzeitig mit dem Paraglobulin auch ein Theil des Fibrinogens ausgeschieden wird, und durch diesen Umstand erklärt er, dass das in obiger Weise behandelte Plasma zwar noch gerinnbar war, aber viel weniger Fibrin lieferte als das natürlich gerinnende Plasma selbst. Dass in diesem Falle eine Verminderung der Fibrinogenmenge stattgefunden hatte, ist also unzweifelhaft; aber ebenso unzweifelhaft ist es auch, dass, nachdem sämmtliches Paraglobulin und dazu noch ein Theil des Fibrinogens ausgefällt worden waren, die Menge der disponiblen, fibrinlösenden Stoffe eine nicht unbedeutende Vermehrung erfahren hatte. Selbst wenn also auch in diesem Falle die Gerinnung erst durch Zusatz von dem Paraglobulin eingeleitet werden könnte, wäre dieses Verhalten nach meiner Anschauungsweise leicht zu erklären.

In der zweiten Abhandlung habe ich keine andere Beobachtung gefunden, welche mit meiner Anschauungsweise scheinbar schwierig zu vereinbaren war, und wir gehen also zu der 3:ten und 4:ten Abhandlung [1]) über.

Es ist einleuchtend, dass, da wir weder über das Wesen des Gerinnungsvorganges noch hinsichtlich der auf die Gerinnung einwirkenden Nebenumstände klare Kenntniss erlangt haben, es eine ziemlich unnütze

[1]) *Pflügers Archiv Bd. 6 u. Bd. 9.*

Digitized by Google

Arbeit sein würde, wollte man sämmtliche bisher gemachten Beobachtungen in Übereinstimmung mit der einen oder der anderen Ansicht zu erklären versuchen. Es kann sich also nur darum handeln, die wichtigsten Angaben einer Prüfung zu unterwerfen, und da, so weit ich finden kann, die wichtigsten von AL. SCHMIDT über die Betheiligung des Paraglobulins bei der Faserstoffgerinnung gemachten Angaben in dem Abschnitte VII (der 3:ten Abhandlung), welcher über die "Unterschiede in der Beziehung der fibrinoplastischen Substanz und des Fibrinfermentes zur Faserstoffgerinnung" handelt, enthalten sind, möchte es vielleicht genügend sein zu untersuchen, ob auch diese Angaben in Übereinstimmung mit meiner Anschauungsweise erklärt werden können.

Wir gehen also zu dem Abschnitte VII, der 3:ten Abhandlung über. SCHMIDT spricht sich (Pag. 484) in folgender Weise aus: "Denkt man sich nun die Menge der fibrinogenen Substanz constant, die der fibrinoplastischen variabel, so wird die Behauptung, dass es für die letztere ein Minimum (resp. für die fibrinogene Substanz ein Maximum) giebt, durch die mehrfach erwähnte Beobachtung gestützt, welcher zufolge die Zufuhr an fibrinoplastischer Substanz resp. Blutserum zu einem gegebenen Volum eines nur fibrinogene Substanz enthaltenden Transsudates eine bestimmte Grösse haben muss, um diese Substanz durch die eintretende Gerinnung vollständig zu verbrauchen, widrigenfalls ein Theil derselben sich bei der Faserstoffbildung gar nicht betheiligt, sondern dauernd in Lösung bleibt. Ueberschreitet die Zufuhr an fibrinoplasticher Substanz diese Grösse, so wächst mit ihr, trotz der Constanz der fibrinogenen Substanz, das Gewicht des ausgeschiedenen Faserstoffes; es hat also der gefundene untere Grenzwerth der fibrinoplastischen Substanz nicht die Bedeutung eines festen Aequivalentes, sondern nur eines Minimums".

Wenn ich SCHMIDT richtig verstanden habe, gäbe es also für eine bestimmte Menge fibrinogener Substanz ein Minimum an Paraglobulin, damit jene bei der Faserstoffgerinnung vollständig verbraucht werde. Wird dieses Minimum überschritten, so würde, trotz der Constanz der Fibrinogenmenge, bei steigendem Zusatz von Paraglobulin die Menge des ausgeschidenen Faserstoffes stätig vermehrt werden, bis zu einem Maximum, über welches hinaus ein neuer Zusatz von Paraglobulin keinen neuen Zuwachs an Faserstoff herbeiführte. Es könnte also eine und dieselbe Fibrinogenmenge mit dem Paraglobulin in mehreren — innerhalb der Grenzwerthe fast unendlich wechselnden — Mengenverhältnissen zu Faserstoff zusammentreten, und da aus jedem neuen Mengenverhältnisse, in welchem die beiden Stoffe mit einander sich verbinden, ein neues Produkt resultiren muss, folgt hieraus,

Digitized by Google

dass es eine fast unendlich grosse Menge verschiedener Fibrine geben muss. Etwas Derartiges ist doch bisher nicht beoabachtet worden; es ist allerdings wahr, dass es Fibrine von verschiedener Löslichkeit giebt, aber derartige Verschiedenheiten kommen auch dem aus paraglobulinfreien Fibrinogenlösungen erhaltenen Fibrin zu, sie hängen von der Reaction der Flüssigkeit, deren Gehalte an Salzen sowie von anderen, noch nur theilweise bekannten Umständen ab und sie berechtigen noch nicht zu der Annahme, dass es wahrhaft verschiedene Fibrine gebe.

Die Annahme, dass zwei, sehr indifferente, einander sehr ähnliche Stoffe, das Paraglobulin und das Fibrinogen, zu einer neuen chemischen Verbindung zusammentreten würden, ist schon eine höchst unwahrscheinliche; dass aber dieses Zusammentreten in fast unendlich wechselnden Mengenverhältnissen stattfinden könnte, ist nach meiner Meinung noch unwahrscheinlicher. Dagegen können die obigen Angaben von SCHMIDT in Übereinstimmung mit meiner Anschauungsweise leicht erklärt werden.

Das Minimum an Paraglobulin ist — mag man über das Wesen des Gerinnungsvorganges eine Ansicht haben, welche man wolle — wie ich glaube stäts diejenige, kleinste Paraglobulinmenge, welche eine so vollständige Gerinnung hervorbringt, dass in dem neuen Serum in keiner Weise eine neue Gerinnung zu Stande gebracht werden kann. Wenn wir in einem gegebenen Falle diese Menge gefunden hätten, so würde sich allerdings eine gewisse Faserstoffmenge ausscheiden, aber gleichzeitig müsste auch ein anderer, dem Gehalte der fibrinösen Flüssigkeit an Alkali und Salzen entsprechender Theil als lösliches Fibrin in dem von dem Fibrinkuchen ausgepressten Serum in Lösung gehalten werden. Setzen wir nun zu einer neuen, gleich grossen Probe von derselben fibrinösen Flüssigkeit eine grössere Paraglobulinmenge, so wird in dieser Probe schon vom Anfange an ein grösserer Theil der fibrinlösenden Stoffe gebunden, und es muss also bei der folgenden Gerinnung eine geringere Menge löslichen Fibrins in dem Serum in Lösung gehalten werden, resp. es muss eine grössere Faserstoffmenge sich ausscheiden. Bei einem noch grösseren Zusatze von Paraglobulin muss ein noch grösserer Theil der fibrinlösenden Stoffe gebunden werden und in Folge dessen die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes wachsen. Ist eine so grosse Paraglobulinmenge zugesetzt worden, dass sämmtliche fibrinlösenden Stoffe durch das Paraglobulin gebunden sind, ist damit auch das Maximum erreicht, und es kann nunmehr durch einen neuen Zusatz von Paraglobulin kein Zuwachs an Faserstoff erzeugt werden. Innerhalb der Maximal- und Minimal-grenze muss doch die Menge des

Digitized by Google

ausgeschiedenen Faserstoffes stätig wachsen nicht aber die Menge des überhaupt gebildeten. Diese letztere Menge bleibt nämlich, wie ich glaube, bei einem gegebenen Fibrinogengehalte stäts dieselbe, und es ist nur die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes, welche je nach dem grösseren oder geringeren Gehalte der Flüssigkeit an fibrinlösenden Stoffen kleiner oder grösser ausfällt.

In dieser Weise kann das stätige Wachsen der ausgeschiedenen Fibrinmenge, innerhalb der Minimal- und Maximal-grenze für das zugesetzte Paraglobulin, leicht erklärt werden, und die Annahme von einer Menge verschiedener Fibrine wird ganz überflüssig. Wir werden bald sehen, dass mit dieser Erklärungsweise auch andere Thatsachen gut zu vereinbaren sind.

SCHMIDT spricht sich (S. 484 u. 485) [1]) in folgender Weise aus: "Ein solcher gänzlicher Verbrauch der fibrinoplastischen Substanz findet aber niemals Statt; unter allen Umständen betheiligt sich immer nur ein grösserer oder geringerer Antheil derselben in der gerinnenden Flüssigkeit an der Faserstoffbildung, der Rest bleibt in Lösung. Dieser bei der Fibrinbildung mitwirkende Antheil wächst mit der Gesammtmenge der Substanz, gleichzeitig aber auch der in Lösung zurückbleibende Rest; man findet also auch bei jedem Mengenverhältnisse der Fibringeneratoren nach beendigter Gerinnung in der Flüssigkeit stets einen zurückgebliebenen Ueberschuss an fibrinoplastischer Substanz. Offenbar unterliegt diese Substanz in den gerinnenden Flüssigkeiten zwei entgegengesetzten Einwirkungen, von welchen die eine sie gewissermassen zur Fibrinbildung drängt, die andere sie in der Flüssigkeit zurückzuhalten strebt; das Resultat ist ihre Vertheilung auf Faserstoff und Flüssigkeit". Er sagt weiter (S. 486): "Gerinnbaren Flüssigkeiten, welche direkt aus dem Körper stammen, mag man einen Gehalt an fibrinoplastischer Substanz geben, welchen man wolle, nach beendigter Gerinnung findet man stets, dass ein Theil derselben in der Flüssigkeit gelöst zurückbleibt".

Wenn das Paraglobulin mit dem Fibrinogen keine chemische Verbindung eingeht — und diess ist nach meinen Untersuchungen der Fall — so folgt daraus mit Nothwendigkeit, dass man auch bei jedem Mengenverhältnisse der Fibringeneratoren nach beendigter Gerinnung in der Flüssigkeit einen zurückgebliebenen Ueberschuss an Paraglobulin finden muss; und ebenso klar ist es, dass stäts, mag man den gerinnbaren Flüssigkeiten einen Gehalt an Paraglobulin geben, welchen man wolle, nach beendigter Gerin-

[1]) *Pflügers Archiv Bd. 6.*

Digitized by Google

nung dieser Eiweisskörper in der Flüssigkeit gelöst zurückbleiben muss. Dagegen ist es schwierig zu verstehen, warum, wenn die beiden Eiweisskörper eine chemische Verbindung eingehen, bei Anwesenheit von viel Fibrinogen und nur wenig Paraglobulin nicht dieser Eiweisskörper vollständig verbraucht werden könnte. SCHMIDT erklärt diess durch die Annahme, dass das Paraglobulin in den gerinnenden Flüssigkeiten zwei entgegengesetzten Einwirkungen unterliege, von welchen die eine es gewissermassen zur Fibrinbildung dränge, während die andere es in der Flüssigkeit zurückzuhalten strebe. Diese letztgenannte Einwirkung ginge nach SCHMIDT von dem Alkali, den Salzen und den übrigen, noch nicht näher studirten, das Paraglobulin lösenden Stoffen aus; aber diese Stoffe sind auch Lösungsmittel für das Fibrinogen und sie müssen also auch auf dieses dieselbe gerinnungshemmende Einwirkung ausüben. Da nun SCHMIDT gefunden hat, dass bei einem Überschusse an Paraglobulin sämmtliches Fibrinogen verbraucht werden kann, ist es etwas schwierig anzunehmen, dass nicht umgekehrt bei einem grossen Überschusse an Fibrinogen sämmtliches Paraglobulin verbraucht werden könnte.

Halten wir dagegen fest, dass das Paraglobulin nicht mit dem Fibrinogen sich chemisch verbindet, so ist es nicht nur leicht zu verstehen, warum nach Zusatz von Paraglobulin zu einer fibrinösen Flüssigkeit stäts etwas Paraglobulin nach der Gerinnung in dem Serum gefunden wird, sondern es folgt auch mit Nothwendigkeit, dass mit einer steigenden Menge des zugesetzten Paraglobulins nicht nur die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes sondern auch "der in Lösung zurückgebliebene Rest" des Paraglobulins wachsen muss.

SCHMIDT glaubt, dass das Paraglobulin auf Faserstoff und Flüssigkeit vertheilt werde, und dass mit einem steigenden Gehalte der Flüssigkeit an Paraglobulin nicht nur der bei der Fibrinbildung mitwirkende Antheil. sondern auch der in Lösung zurückgebliebene Rest dieses Eiweisskörpers wachse; aber nur der letzte Theil dieser Behauptung ist als bewiesen anzusehen. SCHMIDT hat nie die chemische Verbindung von Paraglobulin und Fibrinogen bewiesen — geschweige denn die Menge des dabei betheiligten Paraglobulins bestimmt — er hat nur gefunden, dass die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes mit der Menge des zugesetzten Paraglobulins wächst, und, weil er von der chemischen Verbindung der beiden Stoffe überzeugt war, sah er in dieser Gewichtsvermehrung des Faserstoffes bei constantem Gehalte an Fibrinogen den Beweis, dass ein immer wachsender Antheil des Paraglobulins bei der Gerinnung sich betheiligt — d. h. mit

Digitized by Google

dem Fibrinogen zu Faserstoff sich vereinigt — hatte. Diese Behauptung ist, seitdem wir gefunden haben, dass auch paraglobulinfreie Fibrinogenlösungen mit dem Fermente allein gerinnen, nicht mehr stichhältig, und in der oben angeführten Beobachtung handelt es sich also nur um eine Gewichtsvermehrung des ausgeschiedenen Faserstoffes einerseits und eine Vermehrung des in dem Serum zurückgebliebenen Paraglobulins andererseits. Die Art und Weise, wie diese Vermehrung nach meiner Anschauungsweise erklärt werden kann, ist aus dem oben Gesagten ohne Weiteres verständlich.

Unter den Angaben über die Faserstoffgerinnung, welche in dieser Abhandlung von SCHMIDT enthalten sind, ist wohl kaum eine für die Frage nach der Rolle des Paraglobulins hei der Gerinnung von einer grösseren Bedeutung als die über die Wirkung der Alkalien In Bezug auf diesen Gegenstand spricht sich SCHMIDT (P. 485) in folgender Weise aus: "Es ist leicht, unter Anwendung irgend eines der bekannten Lösungsmittel dieses Stoffes, z. B der verdünnten Natronlauge, sich davon zu überzeugen, dass bei einseitiger Vermehrung derselben in einer gerinnenden Flüssigkeit die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes abnimmt, während der nach beendigter Gerinnung in der Flüssigkeit zurückbleibende Gehalt an fibrinoplastischer Substanz wächst".

Diese Behauptung ist im höchsten Grade einer Prüfung werth. Könnte man nämlich beweisen, dass, bei einem gegebenen Gehalte einer fibrinösen Flüssigkeit an Paraglobulin, der nach beendigter Gerinnung im Serum zurückgebliebene Antheil dieser Substanz nicht immer derselbe, sondern ein mit dem Alkaligehalte zunehmender wäre, so spräche diess unzweifelhaft für die Hypothese von SCHMIDT und gegen die meinige. Indessen ist ein derartiger Beweis noch nicht geliefert; und entgegen der Ansicht von SCHMIDT muss ich behaupten, dass es bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens ausserordentlich schwierig, wenn nicht ganz unmöglich ist, einen derartigen, experimentellen Beweis zu liefern.

SCHMIDT bemerkt selbst, (Pag. 486) dass, wenn durch stärkere Vermehrung des Lösungsmittels (des Alkalis) der faserstoffbildende Summand der fibrinoplastischen Substanz unter den Minimalwerth gesunken ist, auch nur eine theilweise, mit der Zunahme des Lösungsmittels abnehmende Ausscheidung der fibrinogenen Substanz Statt findet. Wird dieser Summand (durch einen genügenden Zusatz von Alkali) Null, so bleiben beide Fibringeneratoren in Lösung, d. h. die Gerinnung wird vollkommen gehemmt. Der Theil des Fibrinogens, welcher bei der Gerinnung als Faserstoff sich

Digitized by Google

ausscheidet, nimmt also mit einem zunehmenden Alkaligehalte stätig ab, und umgekehrt bleibt ein immer zunehmender Theil des Fibrinogens in der alkalischen Flüssigkeit gelöst. Ganz dieselbe Beobachtung haben wir schon an den paraglobulinfreien Fibrinogenlösungen gemacht; mit einem steigenden Alkaligehalte wird auch in ihnen der bei der Gerinnung gelöst bleibende Antheil des Fibrinogens vermehrt. Es wird also in einer alkalischen Flüssigkeit, welche die beiden "Fibringeneratoren" enthält, nach beendigter Gerinnung nicht nur das Paraglobulin sondern auch — zum grösseren oder geringeren Theile — das Fibrinogen in Lösung gehalten und bei jedem Versuche das Paraglobulin zu fällen und quantitativ zu bestimmen erhält man in dem Niederschlage gleichzeitig eine nicht bestimmbare Menge des mit gefällten Fibrinogens. Wir kennen nämlich noch kein Fällungsmittel, welches nur das Paraglobulin aber nicht das Fibrinogen niederschlägt [1]).

Ich weiss also nicht, wie eine Zunahme der rückständigen Paraglobulinmenge bei einem steigenden Alkaligehalte gegenwärtig bewiesen werden könne, aber selbst wenn die Menge des nach beendigter Gerinnung wiedergefundenen Paraglobulins mit einem steigenden Alkaligehalte der Flüssigkeit wirklich wüchse, wäre dieses Verhalten von einer nur untergeordneten Bedeutung. Wir haben nämlich schon gesehen, dass in einer alkalischen, gerinnenden Fibrinogenlösung in irgend einer Weise — wahrscheinlich durch die Umwandlung des "löslichen Fibrins" — ein paraglobulinähnlicher Körper während oder in Folge der Gerinnung entsteht, und eine unter den obengenannten Umständen eingetretene Vermehrung des Paraglobulins nach beendigter Gerinnung spräche also weder für noch gegen die Hypothese von SCHMIDT. Sie wäre jedenfalls mit meiner Anschauungsweise leicht zu vereinbaren. Die Alkalien wirken übrigens nach meiner Ansicht in folgender Weise. Bei einem grösseren Alkaligehalte wird die Einwirkung des Fibrinfermentes auf das Fibrinogen verhindert; bei einem mässigen Alkaligehalte dagegen tritt auch in paraglobulinfreien Fibrinogen-

[1]) Eine (scheinbare) Vermehrung des nach beendigter Gerinnung in dem stärker alkalisch reagirenden Serum zurückgebliebenen Paraglobulins könnte auch vielleicht in folgender Weise entstehen. Der Faserstoff schliesst bekanntlich eine nicht zu vernachlässigende Paraglobulinmenge in sich ein und die Menge des in dieser Weise aus dem Serum verloren gegangenen Paraglobulins wird um so kleiner, resp. die Menge des in Lösung zurückgebliebenen um so grösser, je kleiner die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes ist. Die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes nimmt aber mit einem steigenden Alkaligehalte ab, nnd es kann also auch dadurch eine mit dem steigenden Alkaligehalte zunehmende Paraglobulinmenge in dem Serum zurückbleiben.

Digitized by Google

lösungen eine Fibrinbildung ein, aber das neugebildete Fibrin wird vollständig oder theilweise als "lösliches Fibrin" durch das Alkali in Lösung gehalten und (wahrscheinlich) allmählich in einen leichtlöslichen Eiweisskörper verwandelt.

ALEX. SCHMIDT spricht sich (P. 487) in folgender Weise aus: "Es zeigte sich nämlich, dass die Fibrinmenge in Flüssigkeiten, welche von vorneherein einen geringen Gehalt an fibrinoplastischer Substanz besassen, durch eine unbedeutende Vermehrung derselben so beträchtlich anwuchsen, dass der Unterschied schon dem blossen Ange deutlich wahrnehmbar war; enthielt die Flüssigkeit aber schon ursprünglich grosse Mengen der fibrinoplastischen Substanz, wie das Blutplasma, so war, selbst bei starker Vermehrung derselben, die Faserstoffzunahme so unbedeutend, dass sie eben nur durch Wägungen festgestellt werden konnte. Je grösser also der in einer Flüssigkeit bereits gegebene Gehalt an fibrinoplastischer Substanz ist, desto kleiner wird bei Steigerung dieses Gehaltes um einen stets gleichen Werth derjenige Summand des Zuwachses sein, welcher in den Faserstoff übergeht, und endlich muss er Null erreichen. In der That ergeben auch meine Wägungen in Uebereinstimmung hiermit, dass, bei gleichem Gehalt an fibrinoplastischer Substanz und bei ungleicher Vermehrung derselben, das Gewicht des Faserstoffes nicht im Verhältnisse dieser Zusätze wächst, sondern um relativ abnehmende Werthe".

Dass in einer Flüssigkeit, welche, wie das Blutplasma, schon ursprünglich eine grosse Menge von Paraglobulin enthält, ein Zusatz von mehr Paraglobulin keinen nennenswerthen Zuwachs an Fibrin erzeugen wird, während durch Zusatz von Paraglobulin zu einer von vornehereien an diesem Eiweisskörper armen Flüssigkeit die Faserstoffmenge bedeutend vermehrt werden muss, liegt, wenn man überhaupt dem Paraglobulin eine Einwirkung auf die Gerinnung zuschreibt, auf der Haud, und dieses Verhalten kann auch sehr leicht nach meiner Anschauungsweise erklärt werden.

Unter den fibrinösen Flüssigkeiten enthält das Blutplasma die grösste, die Transsudate und, nach SCHMIDT[1]), vor Allem die Hydroceleflüssigkeiten dagegen die kleinste Paraglobulinmenge, und ein Zusatz von Paraglobulin muss also in jenem einen unbedeutenden in diesen dagegen einen grossen Zuwachs an Fibrin erzeugen. Wenn man aber nach der Ursache dieser Einwirkung des Paraglobulins suchen will, darf man nicht vergessen, dass, während der Gehalt der beiden Flüssigkeiten an Alkali und Salzen fast derselbe ist, das Blutplasma eine bedeutend grössere Fibrinogenmenge als

[1]) *Pflügers Archiv Bd. 6.*

Digitized by Google

die Hydroceleflüssigkeiten enthält. Um diess zu zeigen, wollen wir uns der folgenden schon theilweise bekannten Thatsachen erinnern.

Die Menge des Alkalis in dem Pferdeblutplasma wurde von ALEX. SCHMIDT [1]) alkalimetrisch bestimmt, und er erhielt dabei den Werth 0,094—0,101 % NaO. Die Menge des Alkalis in den Hydroceleflüssigkeiten wurde von mir in einigen Fällen gleichfalls alkalimetrisch, mit einer $^1/_{10}$-Normalschwefelsäure, bestimmt und ich fand dabei — das Alkali als Natron berechnet — 0,09—0,11 % Na_2O. Der Alkaligehalt des Blutplasmas und der Hydroceleflüssigkeiten ist also etwa derselbe.

Das Pferdeblutplasma enthält nach der Analyse von HOPPE-SEYLER [2]) 0,81 % Salze, und das Blutplasma von einem 25-jährigen, gesunden Manne enthielt nach der Analyse von C. SCHMIDT [3]) 0,851 % Salze. Unter diesen fand SCHMIDT 0,55 % NaCl. Über den Salzgehalt der Hydroceleflüssigkeiten sind nur spärliche Angaben vorhanden, aber nach der Analyse von W. MÜLLER [4]) beträgt der Salzgehalt 0,92 %. Für den Salzgehalt der Transsudate lassen sich aus der von v. GORUP-BESANEZ in seinem Lehrbuche gegebenen tabellarischen Zusammenstellung als Mittel 0,86 %, darunter 0,569 % NaCl, berechnen [5]). Der Gehalt des Blutplasmas und der Hydroceleflüssigkeiten an Salzen ist also fast derselbe.

Ganz anders verhält es sich mit dem Fibrinogengehalte, welcher in den beiden Flüssigkeiten ein ganz verschiedener ist. Wir haben allerdings gegenwärtig keine Methode, die Menge des Fibrinogens in einer gleichzeitig paraglobulinhaltigen Flüssigkeit zu bestimmen, aber in dem nach einer möglichst vollständigen Gerinnung ausgeschiedenen Faserstoffe haben wir ein ungefähres Mass für die Menge des ursprünglich vorhandenen Fibrinogens, und wir wollen also die beiden Flüssigkeiten in Bezug auf den Faserstoffgehalt mit einander vergleichen.

Das Pferdeblutplasma enthält, nach der Analyse von HOPPE-SEYLER [6]), 1,01 % und das Blutplasma des Menschen, nach einer Analyse von C.

---

[1]) *Reicherts und Du Bois-Reymonds Archiv* 1862.

[2]) v. GORUP-BEZANEZ, *Lehrbuch Der Physiologischen Chemie. 3:te Auflage.* 1875. S. 355.

[3]) Ebendaselbst S. 354.

[4]) v. GORUP-BESANEZ, *Lehrbuch Der Physiologischen Chemie.* S. 415.

[5]) Die Analysen von dem Darmcapillartranssudate nach Laxanzen und dem dysenterischen Transsudate sind von mir nicht mit in der Rechnung genommen.

[6]) v. GORUP-BESANEZ S. 355.

Digitized by Google

SCHMIDT[1]) 0,806 % Faserstoff. Ausserdem finden wir in der Abhandlung von ALEX. SCHMIDT[2]) (S. 493) zwei Versuche mit Pferdeblutplasma angeführt; in dem einen betrug das Maximum an Faserstoff, nach Zusatz von Paraglobulin, 0,510, in dem anderen, gleichfalls nach Zusatz von Paraglobulin, 0,70 %. Nehmen wir aus den nun angeführten Zahlen das Mittel, so erhalten wir für das Blutplasma einen Gehalt von 0,756 % Faserstoff.

Die Angaben, welche wir über die Menge des Faserstoffes in den Transsudaten besitzen, sind nur wenige, und in der tabellarischen Zusammenstellung von v. GORUP-BESANEZ ist der Faserstoffgehalt nur für 2 Flüssigkeiten, eine Pericardial- und eine hydropische Pleura-flüssigkeit angegeben worden; in ersterer betrug er 0,081 und in letzterer 0,06 %. Wegen der geringen Zahl der bisher veröffentlichten Untersuchungen über die Faserstoffmenge der Transsudate mag es also vielleicht erlaubt sein, hier einige von mir ausgeführten Bestimmungen anzuführen.

Ich glaube, dass diejenigen Faserstoffmengen, welche durch Zusatz von einer Fermentlösung — nach vorhergegangener Neutralisation mit einer Säure oder nach Zusatz von $CaCl_2$ — erhalten wurden, eine ziemlich richtige Vorstellung von dem wahren Gehalte dieser Flüssigkeiten an Fibrin geben können; und in noch höherem Grade muss diess von den Faserstoffmengen gelten, welche nach Zusatz von einer grösseren Menge leichtlöslichen Caseins oder Paraglobulins erhalten wurden. Die in den Tabellen *1*, *2* und *3* dieser Abhandlung angeführten Zahlen drücken also ziemlich genau den wahren Gehalt dieser Flüssigkeiten an Fibrin aus. Unter den in diesen Tabellen angeführten Versuchen giebt es indessen einige, welche mit schon theilweise spontan geronnenen, von den ausgeschiedenen Gerinnseln durch Filtration befreiten Flüssigkeiten ausgeführt wurden, und in diesen ist also die gefundene Fibrinmenge eine zu niedrige. Aus diesem Grunde gebe ich unten eine Zusammenstellung von denjenigen, in den 3 Tabellen enthaltenen Versuchen, in welchen gar keine derartigen Gerinnungen eingetreten waren, und in welchen also gar kein Verlust an Faserstoff stattgefunden hatte. Sämmtliche Zahlen sind auf 100 Cc Hydroceleflüssigkeit berechnet. Die tabellarische Zusammenstellung möchte übrigens ohne Weiteres verständlich sein.

---

[1]) v. GORUP-BESANEZ S. 354.

[2]) *Pflügers Archiv Bd. 6.*

Digitized by Google

Tab. 5.

Fibrinmenge in 100 Cc Hydroceleflüssigkeit.

N:o	Nach Zusatz von $CaCl_2$.	Ohne Zusatz von $CaCl_2$.	Differenz.
1.	0,254 Gm.	0,142 Gm.	0,112 Gm.
2.	0,047 Gm.	0,000 Gm.	0,047 Gm.
3	0,046 Gm.	0,024 Gm.	0,022 Gm.
	Nach Zusatz von Paraglobulin oder leichtlöslichem Casein.	Ohne Zusatz von Paraglobulin oder leichtlöslichem Casein.	Differenz.
4.	0,050 Gm.	0,000 Gm.	0,050 Gm.
5.	0,128 Gm.	0,000 Gm.	0,128 Gm.
6.	0,106 Gm.	0,031 Gm.	0,075 Gm.
7.	0,124 Gm.	0 032 Gm.	0,092 Gm [1]).
	Nach der Neutralisation mit einer Säure.	Ohne Neutralisation mit einer Säure.	Differenz.
8.	0,076 Gm.	0,020 Gm.	0,056 Gm.
9.	0,070 Gm.	0,000 Gm.	0,070 Gm.
10.	0,112 Gm.	0,030 Gm.	0,082 Gm.
11.	0,074 Gm.	0,020 Gm.	0,054 Gm.

Aus dieser Zusammenstellung geht also zunächst hervor, dass die Hydroceleflüssigkeiten eine sehr wechselnde Faserstoffmenge liefern, resp. einen sehr wechselnden Gehalt an Fibrinogen besitzen, können, Es kann auch in ihnen, wie es aus dem letzten Tabellenstabe ersichtlich wird, eine wahrschenlich mit dem wechselnden Gehalte an fibrinlösenden Stoffen wechselnde Faserstoffmenge in Lösung gehalten werden, und diese Zusammenstellung giebt also einen neuen Beweis für die schon oben hervorgehobene, höchst wechselnde Zusammensetzung der Hydroceleflüssigkeiten ab.

Die grösste Faserstoffmenge, die ich je in einer Hydroceleflüssigkeit beobachtet habe, war 0,254 %, und die kleinste unter den in dieser Tabelle angeführten Zahlen ist 0,046 %. Nehmen wir das Mittel aus diesen

[1]) In diesen 4 Versuchen wurde als Lösungsmittel für das Paraglobulin etwas NaCl verwendet und auch den paraglobulinfreien Proben wurde, der Controle halben, dieselbe NaCl-menge zugesetzt. Die in dem letzten Tabellenstabe angeführten Zahlen geben also nicht genau die ursprüngliche Lösungsfähigkeit dieser Flüssigkeit für das Fibrin an. Der Versuch *4* ist nicht in der Tab. *2* mit aufgenommen worden.

Digitized by Google

11 Bestimmungen, so erhalten wir für die Hydroceleflüssigkeiten einen Gehalt von 0,099 % oder, der Einfachheit wegen, 0,100 % Faserstoff. Vergleichen wir hiermit den für das Blutplasma gefundenen, mittleren Werth, 0,750 %, so finden wir sogleich, dass die Hydroceleflüssigkeiten lange nicht so reich an Faserstoff wie das Blutplasma sind. Diejenigen Flüssigkeiten, welche, wie die Transsudate, von vorneherein einen geringen Gehalt an Paraglobulin besitzen, sind also zugleich sehr arm an Fibrinogen, während das paraglobulinreiche Blutplasma eine bedeutend grössere Fibrinogenmenge enthält. Erinnert man sich dieses Verhaltens, so wird es nicht schwierig zu verstehen, warum ein Zusatz von Paraglobulin in den Transsudaten eine relativ höchst bedeutende Vermehrung des ausgeschiedenen Faserstoffes zu Stande bringen kann, während in dem Blutplasma der durch Paraglobulin erzeugte Zuwachs an Faserstoff höchstens einige Procente beträgt. Nehmen wir nämlich an, dass die absolute Menge des in beiden Flüssigkeiten in Lösung gehaltenen Faserstoffes — wegen des übereinstimmenden Gehaltes der beiden Flüssigkeiten an Alkali und Salzen — dieselbe ist, so wird es einleuchtend, dass diese Menge nur ein unbedeutender Bruchtheil von der ganzen Fibrinmenge des Blutplasmas ist, während der unverhältnissmässig grösste Theil des in den Hydroceleflüssigkeiten gebildeten Faserstoffes in Lösung bleiben muss. Ein Beispiel wird diess noch deutlicher zeigen. In dem Versuche N:o 7 dieser Tabelle, welcher mit Paraglobulin ausgeführt wurde, war das Maximum an Fibrin, welches überhaupt erreicht werden konnte, 0,124 %, während die Menge des bei Abwesenheit von Paraglobulin ausgeschiedenen Faserstoffes nur 0,032 Gm betrug. Die Menge des gelöst gebliebenen Faserstoffes war also in diesem Falle 0,092 Gm. Nehmen wir nun an, es enthielte das Blutplasma, in welchem die Faserstoffmenge etwa 0,756 % beträgt, ebenfalls die Lösungsmittel für 0,092 Gm Fibrin, so folgt hieraus, dass wenn diese Lösungsmittel für das Fibrin in beiden Fällen durch einen genügenden Zusatz von Paraglobulin unwirksam gemacht wurden, die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes in dem Blutplasma um etwa 12 %, in der Hydroceleflüssigkeit dagegen um fast 300 % vermehrt werden würde.

Aus diesem höchst ungleichen Gehalte der beiden Flüssigkeiten an Fibrinogen, bei fast demselben Gehalte an Alkali und Salzen, folgt also, wenn meine Ansicht über die Wirkungsweise des Paraglobulins richtig ist, mit Nothwendigkeit, dass ein Zusatz von Paraglobulin in dem Blutplasma nur einen (relativ) unbedeutenden in den Transsudaten dagegen einen (relativ) höchst bedeutenden Zuwachs an Fibrin erzeugen muss. Diese Voraussetzung wird auch durch die Beobachtungen von SCHMIDT vollkommen bestätigt.

Digitized by Google

In ebenso guter Übereinstimmung mit meiner Ansicht steht die von SCHMIDT gemachte Beobachtung, dass bei einem wachsenden Zusatze von Paraglobulin das Gewicht des Faserstoffes nicht im Verhältnisse dieser Zusätze wächst, sondern um relativ abnehmende Werthe. Es ist nämlich einleuchtend, dass in dem Masse, wie die fibrinlösenden Stoffe durch vorhergegangene Zusätze von Paraglobulin vollständiger gebunden worden sind, der durch einen neuen Zusatz von Paraglobulin erzeugte Zuwachs an Faserstoff geringer ausfallen muss.

Für die Möglichkeit einer chemischen Verbindung zwischen dem Paraglobulin und dem Fibrinogen in wechselnden Verhältnissen spricht scheinbar auch die von SCHMIDT über das Verhalten des Blutplasmas nach starkem Verdünnen mit Wasser angeführten Beobachtungen. SCHMIDT spricht sich (S. 489) über diesen Gegenstand in folgender Weise aus:

"Gleichzeitig mit der Verzögerung der Fermentation bewirkt reichlicher Wasserzusatz auch noch eine Störung derselben in Bezug auf die relativen Quantitäten, in welchen die Fibringeneratoren zu Faserstoff zusammentreten. Entfernt man nämlich aus 10-fach verdünntem Pferdeblutplasma den im Laufe von 1—2 Tagen sich ausscheidenden Faserstoff, so bleibt eine Flüssigkeit zurück, welche relativ reich ist an fibrinogener un relativ arm an fibrinoplastischer Substanz; sie verhält sich in dieser Beziehung wie viele Transsudate. Für die Betheiligung der Fibringeneratoren an dem bis zu diesem Moment ausgeschiedenen Faserstoff muss also das umgekehrte Verhältniss gegolten haben, wobei es zunächst gleichgültig ist, ob es sich hierbei um eine absolute Vergrösserung des einen Factors, der fibrinoplastischen Substanz oder um eine absolute Verminderung des anderen gehandelt, oder beides zugleich stattgefunden hat".

Das Blutplasma ist nach SCHMIDT eine paraglobulinreiche Flüssigkeit und nach beendigter Gerinnung des Blutplasmas erhält man unter normalen Verhältnissen ein ebenfalls paraglobulinreiches Serum, welches keine nachweisbare Spuren von Fibrinogen enthält. Wird das Blutplasma mit 10 Vol. Wasser verdünnt, so gerinnt es nur unvollständig und man erhält in diesem Falle ein Serum, welches relativ reich an Fibrinogen und relativ arm an Paraglobulin sein soll; es soll sich in dieser Beziehung wie die Transsudate verhalten. Hieraus folgt mit Nothwendigkeit, wenn man bei der SCHMIDTschen Hypothese festhält, dass die Fibringeneratoren in beiden Fällen nicht in denselben Mengenverhältnissen mit einander zu Faserstoff zusammentreten. In dem verdünnten Plasma würde mit der Gewichtseinheit des Fibrinogens eine grössere Paraglobulinmenge sich verbinden als in dem unverdünnten Plasma.

Digitized by Google

Diese Annahme ist schon von vornherein überaus unwahrscheinlich, und es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, dass sie gar nicht bewiesen ist. Die Behauptung, dass die Menge des Paraglobulins relativ abnehmen, resp. die Menge des Fibrinogens relativ zunehmen würde, fusst nämlich nicht auf quantitative Bestimmungen sondern nur auf die Beobachtung, dass die nach einer theilweisen Gerinnung zurückgebliebene Flüssigkeit nach Zusatz eines Gemenges von Ferment und Paraglobulin eine grössere Faserstoffmenge als nach Zusatz von dem Fermente allein geben soll, und diese Beobachtung kann auch nach meiner Anschauungsweise erklärt werden.

Ich glaube, es handelt sich in diesem Falle hauptsächlich um die Wirkung von der Verdünnung einer Fibrinogenlösung mit Wasser. Ich habe schon oben hervorgehoben, dass die Milch oder eine reine Caseinlösung, wenn sie mit einer genügenden Wassermenge verdünnt werden, nur unvollständig oder vielleicht gar nicht mit Lab, selbst bei Anwesenheit von einer grossen Fermentmenge, gerinnen, und — wie überhaupt eine sehr grosse Übereinstimmung zwischen der Gerinnung des Caseins mit Lab und des Fibrinogens mit dem Fibrinferments obwaltet — eine Fibrinogenlösung verhält sich beim Verdünnen mit Wasser in ganz derselben Weise. Eine nach meiner Verfahrungsweise bereitete Fibrinogenlösung, in welcher kein Paraglobulin nachgewiesen werden kann, gerinnt schon nach Zusatz von einer geringen Fermentmenge und sie giebt dabei ein sehr voluminöses und festes Coagulum. Wird dagegen dieselbe Fibrinogenlösung mit Wasser verdünnt, so gerinnt sie, sogar wenn eine grössere Fermentmenge zugesetzt wird, oft nur unvollständig, und die Gerinnsel sind nur spärliche und sehr lockere. Es kann sich sogar ereignen, dass eine reine, paraglobulinfreie Fibrinogenlösung, welche in concentrirterem Zustande mit einer mässigen Fermentmenge zu einem festen Kuchen gerinnt, nach genügender Verdünnung mit Wasser, selbst nach Zusatz von einer bedeutenden Paraglobulinmenge, nur einige kleinere, lockere Gerinnsel oder sogar nur einen flockigen Niederschlag, wie die fibrinogenärmsten Hydroceleflüssigkeiten, giebt. Wird eine fermenthaltige, reine Fibrinogenlösung mit Wasser verdünnt, so verhält sie sich ganz so, wie das verdünnte Blutplasma: sie gerinnt sehr langsam und unvollständig. Durch Zusatz von mehr Fermentlösung kann die Gerinnung bedeutend beschleunigt werden, aber man erhält doch etwas weniger Fibrin als in der unverdünnten Probe. Es hat also das Paraglobulin mit diesem Vorgange nichts zu thun.

Eben so wenig, wie ich für das Ausbleiben der Gerinnung in der mit Wasser genügend verdünnten Milch eine erschöpfende Erklärung geben kann, wermag ich über die Art und Weise, wie die Verdünnung mit Was-

Digitized by Google

ser auf die Faserstoffgerinnung einwirkt, eine genügende Erklärung zu geben. Es sprechen nämlich mehrere Umstände für die Annahme, dass nicht nur die Menge des Wassers und der Mineralbestandtheile sondern auch die Menge der übrigen, in der Lösung vorhandenen Stoffe einen Einfluss auf die Menge, die Löslichkeit und die sonstige Beschaffenheit der Faserstoffgerinnsel ausüben kann; und bevor man über diese Verhältnisse klare Kenntniss erlangt hat ist es unmöglich über die Wirkungsweise der Verdünnung mit Wasser eine erschöpfende Erklärung zu geben.

Zuletzt führt SCHMIDT in dem 7:ten Abschnitte seiner Abhandlung einige quantitative Versuche an; und nach Alle dem, was über die Wirkungsweise des Paraglobulins schon oben gesagt wurde, möchte es wohl kaum nöthig sein, auf diese Versuche hier etwas näher einzugehen. Nur Einiges mag hier über sie bemerkt werden. Dass ein Zusatz von Paraglobulin auch in dem Blutplasma einen Zuwachs an Faserstoff erzeugen muss, ist nach meiner Ansicht selbstverständlich, aber es folgt auch aus meiner Ansicht, dass diese Gewichtsvermehrung des Faserstoffes keine sehr grosse sein kann. Dem ist auch so, vor Allem im Vergleich mit dem Zuwachse, welcher in den Transsudaten erzeugt wird, und ALEX. SCHMIDT konnte auch im besten Falle nur die Faserstoffausbeute um 27 % erhöhen. Ich glaube aber, dass sogar dieser Werth etwas zu hoch angegeben wurde. In der Tabelle von SCHMIDT beziehen sich nämlich alle Zahlen auf 100 Cc Plasma, während er nur mit 15 Cc Plasma gearbeitet hat, und selbst ein kleiner Fehler — wenn ein solcher bei der Bestimmung sich eingeschlichen hat, — ist also nicht ohne Bedeutung. In der That leiden auch diese Versuche von SCHMIDT an dem Fehler, dass das von dem Fibrin stäts eingeschlossene Paraglobulin nicht durch Waschen mit NaCl entfernt wurde, und dieser Fehler muss hier eine um so grössere Bedeutung haben, als die absolute Vermehrung des Faserstoffes eine nur unbedeutende, die zugesetzte Menge des Paraglobulins dagegen eine unverhältnissmässig grosse war. Wir wollen, um dieses zu zeigen, einen Versuch auswählen, und zwar den ersten, in welchem die Faserstoffausbeute durch Zusatz von Paraglobulin um etwa 27 % erhöht wurde.

SCHMIDT erhielt in diesem Versuche auf 100 Cc Plasma ohne Zusatz von Paraglobulin 0,400 Gm und nach Zusatz von Paraglobulin 0,510 Gm Fibrin. In 15 Cc Plasma erhielt er also im ersteren Falle 0,060 Gm und im letzteren 0,076 Gm. Die durch Zusatz von Paraglobulin erzeugte absolute Gewichtsvermehrung betrug also nur 0,016 Gm und sie wurde erreicht durch Zusatz von 1,03 Gm Paraglobulin auf 100 Cc, d. h. durch Zusatz von 0,154 Gm auf 15 Cc Plasma. Um einen Zuwachs von 0,016 Gm

Digitized by Google

Fibrin zu erzeugen, waren also 0,154 Gm Paraglobulin nöthig, und die Versuchsflüssigkeit enthielt also jedenfalls eine bedeutend grössere Paraglobulinmenge als das gewöhnliche Plasma. Wenn aber der Faserstoff schon aus diesem eine nicht zu vernachlässigende Paraglobulinmenge niederreisst, muss dieses in noch höherem Grade in den hier angeführten Versuchen mit dem noch paraglobulinreicheren Plasma der Fall gewesen sein, denn der Faserstoff besitzt bekanntlich eine sehr grosse Fähigkeit andere Körper während des Gerinnens so fest einzuschliessen und so hartnäckig festzuhalten, dass sie durch Kneten und Waschen mit Wasser (das von SCHMIDT zur Reinigung des Faserstoffes in Anwendung gebrachte Verfahren) nicht entfernt werden können. Diess muss vor Allem von dem Paraglobulin gelten, welches in Wasser unlöslich ist.

Es soll hiermit nicht gesagt werden, dass in den Versuchen von SCHMIDT keine Vermehrung des ausgeschiedenen Faserstoffes nach Zusatz von Paraglobulin stattgefunden hatte. Über das Auftreten einer solchen Vermehrung können wohl keine Zweifel bestehen, aber es ist wahrscheinlich, dass die von SCHMIDT für den Faserstoff angeführten Zahlen wegen Verunreinigung mit Paraglobulin etwas zu hoch ausgefallen sind.

Die grösste Faserstoffausbeute wurde von SCHMIDT erhalten, wenn das Paraglobulin ohne Anwendung eines Lösungsmittels, in fester Gestalt zugesetzt wurde. Ein derartiges Resultat folgt auch mit Nothwendigkeit aus meiner Anschauungsweise, denn das Paraglobulin muss selbstverständlich einen grösseren Theil der fibrinlösenden Stoffe binden, wenn es mit ungeschwächter Affinität einwirken kann, als wenn die letztere durch irgend ein Lösungsmittel schon theilweise gesättigt worden ist. Aus demselben Grunde ist es auch unbedingt nöthig, beim Lösen des Paraglobulins eine möglichst geringe Menge des Lösungsmittels anzuwenden; widrigenfalls bleibt die Einwirkung auf die Gerinnung aus. Von demselben Umstande hängt es auch ab, dass eine gesättigte Lösung von Paraglobulin in möglichst wenig Alkali eine kräftigere Einwirkung auf die Gerinnung ausübt, als das Serum selbst; wird das Serum neutralisirt, so wirkt es wiederum kräftiger als vor der Neutralisation. Die Einwirkung des Serums und der Lösungen von Paraglobulin in Alkali kann indessen, wie ich glaube, gegenwärtig eben so wenig durch meine Ansicht, wie durch diejenige von ALEX. SCHMIDT eine erschöpfende Erklärung erhalten. Es müssen zuerst über die das Paraglobulin verunreinigenden Stoffe, über die Einwirkung der Menge des Wassers und der festen Stoffe auf die Gerinnung, über die Art der Verbindung von Paraglobulin und Alkali u. s. w. weitere Aufschlüsse gewonnen werden.

Digitized by Google

§ 7. *Schlussbemerkungen.*

Es steht fest, dass das Paraglobulin (die fibrinoplastische Substanz) eine unzweifelhafte Einwirkung auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes auszuüben vermag. SCHMIDT erklärte diess durch die Annahme, dass der erstgenannte Eiweisskörper unter der Einwirkung von einem Fermente mit dem Fibrinogen zu Faserstoff sich verbinde; aber nachdem ich oben gezeigt habe, dass für das Zustandekommen der Gerinnung nur zwei Stoffe, das Fibrinogen und der von SCHMIDT entdeckte, noch nicht näher bekannte, fermentartige Stoff erforderlich sind, musste die SCHMIDTsche Hypothese aufgegeben werden.

Die unzweifelhafte Einwirkung des Paraglobulins blieb also noch unerklärt, und ich suchte diese Einwirkung folgendermassen zu erklären. Der Faserstoff kann in dem Entstehungsaugenblicke durch gewisse Stoffe, unter denen das Alkali und die Salze bisher bekannt sind, in Lösung gehalten werden, und in dem Masse, wie diese Stoffe durch Zusatz von Paraglobulin gebunden werden, muss wegen des Mangels an den nöthigen Lösungsmitteln, eine grössere Menge des gebildeten Faserstoffes ausgeschieden, d. h. die Gewichtsmenge des Faserstoffes vermehrt werden.

Dieser Versuch die Wirkungsweise des Paraglobulins zu erklären fusst auf folgende Thatsachen:

Es ist bewiesen, dass der Faserstoff in dem Entstehungsaugenblicke durch Alkalien und Salze in Lösung gehalten werden kann, und es lässt sich weiter zeigen, dass wenn die genannten Lösungsmittel in irgend einer Weise unwirksam gemacht werden, eine entsprechend grössere Faserstoffmenge sich ausscheidet. In einem Transsudate wird also, um ein Beispiel anzuführen, durch Neutralisation des Alkalis ohne irgend einen Zusatz von Paraglobulin die Faserstoffausbeute vermehrt; und wenn der Ausscheidung des Faserstoffes durch einen genügenden Salzzusatz vorgebeugt wird, scheidet sich der Faserstoff beim Verdünnen mit Wasser sofort wieder aus. Zuletzt ist es auch bewiesen, dass das Paraglobulin in Alkalien und Salzen überaus leichtlöslich ist; und die Annahme, dass dieser Eiweisskörper gerade durch seine grosse Leichtlöslichkeit fibrinoplastisch wirke, gewinnt an wahrscheinlichkeit dadurch, dass ein anderer Eiweisskörper, das Casein, wenn er durch Verunreinigung mit Serumbestandtheilen leichtlöslicher geworden ist, ebenfalls fibrinoplastisch wirksam wird.

Digitized by Google

Meine Muthmassungen über die Wirkungsweise des Paraglobulins basiren also auf Beobachtungen, welche bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens mit keiner anderen Anschauungsweise leichter zu vereinbaren sind, und aus diesem Grunde möchte wohl auch meine Ansicht wenigstens etwas Wahres enthalten. Ich habe diese meine Ansicht über die Wirkung des Paraglobulins bei der Gerinnung nur als einen Versuch einer Erklärung bezeichnet, und höher möchte sie auch gegenwärtig kaum geschätzt werden können. Es ist nämlich selbstverständlich, dass eine erschöpfende Erklärung über die Wirkungsweise des Paraglobulins erst dann gegeben werden könne, wenn wir nicht nur über das Wesen des Gerinnungsvorganges sondern auch über sämmtliche auf die Gerinnung einwirkende Nebenumstände klare Kenntniss erlangt haben. Man hat ja bekanntlich, um nur einige Beispiele anzuführen, angegeben, dass es ausser den Alkalien und Salzen noch andere Lösungsmittel für das Paraglobulin giebt, und es wäre ja möglich, dass dieselben Stoffe auch Lösungsmittel für das Fibrin sein könnten. Die gasförmigen Bestandtheile der gerinnenden Flüssigkeiten üben auch einen bestimmten Einfluss auf die Gerinnung aus, und dasselbe gilt auch unzweifelhaft von der Menge des Wassers und der festen Stoffe. Es giebt also eine Menge von Nebenumständen, deren Einwirkung auf die Gerinnung noch zu erforschen übrig ist, und wenn es also gegenwärtig unmöglich ist, eine erschöpfende Erklärung über die Wirkungsweise des Paraglobulin zu geben, kann es auch gar nicht befremden, wenn noch nicht eine jede Beobachtung mit derselben Leichtigkeit nach der einen oder der anderen Anschauungsweise erklärt werden könnte.

Die von mir gegebene Erklärung kann also selbstverständlich keine erschöpfende sein, aber sie möchte doch der Wahrheit ziemlich nahe stehen, und es ist, wie ich glaube, gegenwärtig kaum möglich eine andere Erklärung zu geben, welche mit den Thatsachen in besserer Übereinstimmung stünde und die bisher gemachten Beobachtungen in einer einfacheren Weise erklärte. Übrigens möchte meine Ansicht wenigstens als Ausgangspunkt für fortgesetze Untersuchungen verwendet werden können.

Die Frage nach der Wirkungsweise des Paraglobulins bei der Faserstoffgerinnung ist doch nunmehr, seitdem wir wissen, dass das Paraglobulin bei der Gerinnung nur indirekt sich betheiligt, von untergeordneter Bedeutung; und nachdem wir einerseits gefunden haben, dass zur Fibrinbildung nur zwei Stoffe, ein Eiweisskörper und ein Ferment, erforderlich sind, und, andererseits, es uns gelungen ist eine Methode zur Reindarstellung des Fibrinogens in beliebiger Menge ausfindig zu machen, eröffnet sich ein neues Feld für andere, ungemein wichtigere Untersuchungen.

Digitized by Google

Unter diesen steht unzweifelhaft obenan die Frage nach dem chemischen Verlaufe bei der Gerinnung, und diese Frage habe ich auch schon in Angriff genommen. Die grosse Übereinstimmung, welche zwischen der Gerinnung des Caseins und des Fibrinogens obwaltet, musste noch mehr auffallend erscheinen, nachdem ich gefunden hatte, dass es auch bei der Faserstoffgerinnung nur um zwei Stoffe, einen Eiweisskörper und ein Ferment, sich handelt. Nachdem ich nun früher gefunden hatte, dass bei der Gerinnung einer reinen Caseinlösung mit Lab ein schwerlöslicher Eiweisskörper, der Käse, welcher die unverhältnissmässig grösste Hauptmasse bildet, sich ausscheidet, während ein überaus leichtlöslicher, in äusserst geringer Menge vorhandener Eiweisskörper in den Molken zurückbleibt, lag die Annahme nahe, dass es auch bei der Faserstoffgerinnung um die Spaltung eines Eiweisskörpers, des Fibrinogens, sich handele. In der That können auch die von mir bisher gemachten Beobachtungen kaum in einer anderen Weise gedeutet werden; wenigstens habe ich in allen, bisher ausgeführten Versuchen nach beendigter Gerinnung in dem Serum einen, in sehr geringer Menge vorhandenen, leichtlöslichen Eiweisskörper gefunden, welcher weder Fibrin noch Fibrinogen noch ein aus der Fermentlösung stammender Eiweisskörper ist. Indessen ist das Auftreten eines derartigen Eiweisskörpers in Folge einer bei der Faserstoffgerinnung stattfindenden Spaltung des Fibrinogens noch nicht unzweifelhaft bewiesen, und die hierher gehörenden Untersuchungen sind überhaupt mit so grossen Schwierigkeiten verbunden, dass wahrscheinlich noch geraume Zeit vergehen wird, bevor ich die Resultate dieser Untersuchungen der Öffentlichkeit überzuliefern wage. Es ist also nicht unmöglich, dass bei der Faserstoffgerinnung eine Spaltung des Fibrinogens stattfindet, aber es ist mir noch nicht möglich gewesen, diese Behauptung bestimmt zu beweisen.

Durch die Möglichkeit, das Fibrinogen im reinen Zustande in beliebiger Menge aus dem Blutplasma darzustellen, wird es auch möglich, die Einwirkung eines jeden der auf die Gerinnung einwirkenden Faktoren gesondert zu erforschen. Die Einwirkung von Säuren, Alkalien und Salzen, der Einfluss, welchen der Sauerstoff und die Kohlensäure auf die Gerinnung ausüben, sowie die unzweifelhafte Einwirkung des Hæmoglobins können selbstverständlich durch Versuche mit dem Blute oder dem Blutplasma nicht erforscht werden, während die Einwirkung eines jeden dieser Faktoren auf die Gerinnung ohne Schwierigkeit an einer reinen Fibrinogenlösung sich feststellen lässt.

Die Natur des Fibrinfermentes habe ich in dieser Abhandlung ganz unerwähnt gelassen, und zwar aus dem Grunde, dass ich über diesen Stoff

Digitized by Google

keine neue Erfahrungen gemacht habe. Das bei der Faserstoffgerinnung wirksame Princip ist auch von mir als ein Ferment bezeichnet worden, und zwar auf Grund der von ALEX. SCHMIDT gemachten Beobachtungen. Ich glaube doch auch, dass man diesem Stoffe gegenwärtig keinen besseren Namen geben könnte.

Jedenfalls müssen durch fortgesetzte Untersuchungen weitere Aufschlüsse über das Fibrinferment und die Gerinnung gewonnen werden, und es ist wohl kaum nöthig auf die Wichtigkeit einer Erforschung dieser Gegenstände die Aufmerksamkeit hier zu lenken. Durch die Thatsache, dass es bei der Gerinnung des Caseins und des Fibrinogens um die Einwirkung eines fermentartigen Stoffes auf einen Eiweisskörper und vielleicht auch um eine Spaltung des letzteren sich handelt, eröffnen sich nämlich neue Gesichtspunkte nicht bloss für die Zusammensetzung sondern auch für den Aufbau der organischen Gebilde.

Digitized by Google

SUR LA

TROMBE PRÈS DE HALLSBERG

LE 18 AOÛT 1875.

PAR

H.-HILDEBRAND HILDEBRANDSSON.

(Présenté à la Société Royale des Sciences d'Upsal le 6 Novembre 1875).

UPSAL,
ED. BERLING, IMPRIMEUR DE L'UNIVERSITÉ.
1875.

Digitized by Google

Digitized by Google

"La question de savoir si les cyclones, grands et petits, sont dus à une aspiration ascendente, ou s'ils sont constitués par une gyration descendante, comme celle des tourbillons de nos cours d'eau, n'est pas encore, quoi qu'on en dise, une question de théorie, car la mécanique se tait sur ce point; mais elle est susceptible d'être résolue très-nettement par l'observation des faits." Avec ces mots M. FAYE vient de commencer un de ces mémoires dans lesquels il cherche à renverser l'opinion de la plupart des météorologistes modernes qu'aux centres des cyclones et de plusieurs trombes le mouvement de l'air est ascendant. La voie la plus sûre à suivre pour trancher la question, c'est sans doute celle que M. FAYE nous a tracée par ces mots. En effet, on ne peut guère admettre que les questions compliquées de la météorologie tombent encore dans le domaine de la mécanique théorique. Pour y arriver une fois, il faut chercher par la voie des observations, indépendamment de toute opinion conçue d'avance, les lois ou règles auxquelles ces phénomènes sont soumis, ou — en d'autres mots — il faut observer ce qui se passe actuellement dans la nature. Quant à nous, nous avons poursuivi déjà depuis longtemps cette voie, et récemment nous avons réussi de prouver par nos recherches sur les courants supérieurs de l'atmosphère [1]) qu'un minimum barométrique doit nécessairement être le siége d'un courant d'air ascendant, et un maximum celui d'un courant descendant.

---

[1]) Essai sur les courants supérieurs de l'atmosphère etc. Actes de la Soc. Roy. des Sciences à Upsal. T. IX 1875. Ce travail n'est fondé sur aucune hypothèse ou idée théorique. Les trente-trois cartes que contient le mémoire ne présentent absolument que les données de l'observation: lignes isobares et directions des cirrus.

Digitized by Google

Quant aux trombes qu'on appelle ici *skydrag*, c. à. d. *nuage attirant*, elles sont extrêmement rares en Suède. Cependant le 18 août, cette année, ce phénomène a eu lieu chez nous. Le 23 août je lus dans les journaux qu'au jour nommé une trombe avait dévasté un grand terrain près de *Hallsberg*, dans la province de *Nerike*, que les arbres d'une forêt avait été abattus sur une grande étendue, que plusieurs maisons avait été renversées, etc. Je partis aussitôt avec le premier train express et j'arrivai à *Hallsberg* le 24 à 1 h. du matin, et après quelques heures de repos, je me rendis à la place où le malheur était arrivé.

I. *Faits observés et récits des témoins.*

Arrivés à 2 kilomètres au nord de *Hallsberg*, dans la paroisse de *Kumla*, nous observâmes les trâces du météore dans une vaste plaine. Au SO de cette plaine, s'étend une épaisse forêt de grands sapins (*Pinus Abies Linn.*) où avait commencé la trombe. Sur une espace réctangulaire (Voyez la carte) et très régulière s'étendant du SSO au NNE, tous les arbres étaient renversés. Cette espace avait 510 pieds suédois (151 mètres) de large et environ mille pieds de long. Le nombre des arbres abattus monta à plus de mille. La plupart d'entre eux étaient arrachés avec les racines; cependant aux deux côtés de l'éspace ravagée il y en avait plusieurs rompus par le milieu. Les arbres les plus proches, qui restaient debout, avaient leurs sommets courbés en faucilles et pliés *en dedans* vers la ligne du milieu de l'espace ravagée. Dans l'intérieur de la forêt où avait commencé le mouvement, les arbres étaient tous placés dans le sens de la trajectoire, c. à. d. du SSO au NNE, et cette direction était gardée sur une bande de 60 pieds (18 mètres) de largeur. Cette ligne du milieu, ou trajectoire du centre, était plus approchée du bord gauche que du bord droit, dans le rapport de 70:135. Aux deux côtés de cette bande, depuis un point situé à 100 pieds (29 mètres) du commencement jusqu'à la plaine, *les arbres étaient abattus en dedans*. Au bord extérieur à droite j'ai trouvé par la boussole une direction moyenne du SE au NO, et au bord gauche de l'OSO à l'ENE. Le bord droit était très bien défini, le bord gauche, au contraire, était plus irrégulier, et je trouvai des arbres isolés abattus à une centaine de pas plus à l'ouest. Ces arbres isolés étaient tombés perpendiculairement à la trajectoire du centre.

En sortant de la forêt la trajectoire se plie brusquement vers le NE, et se dirige vers un groupe de maisons appartenant à *Lilla Hesselberg*. Ces maisons étaient rangées en carré. (Voy. la carte.) Au nord il se trouvait un corps de logis (1) de deux étages, au sud une grange (2) à deux ailes (3, 4) pour le bétail, les outils, etc., et à l'est un petit bâtiment d'une seule pièce (5).

Digitized by Google

Au sud de la grange était une machine à battre le blé (*t*). Comme à l'ordinaire à la campagne en Suède, tous ces bâtiments étaient construits de bois et couverts de bardeaux. Toutes ces maisons étaient détruites. L'étage supérieur de la maison (1) était enlevé, les débris en étaient jetés dans la cour au S et à l'E. La grange avait été tout-à-fait renversée, et les débris en étaient lancés au NNE dans la cour. La machine à battre avait été transportée en bloc *au-dessus* des ruines de la grange et se trouvaient à 180 pieds (53 mètres) au NNE de sa place primitive à *t'*. Les deux ailes (3, 4) avaient perdu les toits et étaient tout-à-fait en ruines. La petite maison (5) avait parfaitement disparu. Les poutres et les planches jonchaient une espace de plus d'un kilomètre de longueur au NE le long de la trajectoire du centre. La cheminée seule restait debout. Dans l'étage inférieur de la maison (1) les fenêtres avaient été cassées, le papier arraché aux cloissons de charpente et aux murs des chambres, et une pendule s'était arrêtée à 3 h. 58 m. Des choses légères, des meubles, des outils, etc. avaient été enlevés en toutes les directions, surtout au NE. Les chevrons d'un toit étaient tombés, probablement d'une hauteur considérable, à une distance de 1500 pieds (450 mètres) environ vers l'ENE à *h.*, où ils avaient pénétré et sillonné le gazon. Le grain battu qui se trouvait dans la grange (2) était sémé le long de la trajectoire du centre jusqu'au *Soldattorp*. Quantité de vêtements, de linge et de couvertures de lit avaient été trouvés à *Mossby* et à *Hjortsberga*, situés à 15 kilomètres à l'ENE de l'endroit. De la paille et du foin avaient été transportés même à une distance double, jusque dans la paroisse de *Skyllersta*.

Quelques personnes qui étaient dans les maisons avaient été sauvées comme par un miracle. Le propriétaire, M. LARSSON, et une servante étaient dans la grange au moment du catastrophe. M. LARSSON avait été lancé dans la plaine, mais s'était échappé avec quelques petites blessures. La servante avait été retirée au-dessous des ruines effrayée et saignante; cependant ses blessures n'étaient point dangereuses. — Dans la petite maison (5) se trouvaient une vielle femme et une jeune fille. Elles avaient été renversées et poussées contre la cheminée, et en même temps toute la maison avait été emportée en haut, au-dessus de leurs têtes. — Le rez-de-chaussée du corps de logis restant debout, ceux qui s'y trouvaient avaient été sauvés. Heureusement, personne n'était au premier.

A *Stora Hesselberg* il n'y eut qu'un petit bâtiment (6) hors du côté ouest de la cour qui avait été renversé. Il était presque rebâti à mon arrivée. Deux grands poiriers (7, 8), au nord de l'emplacement, étaient abattus vers le NNE. Le propriétaire, M. SANDBERG, avait été absent. Un

Digitized by Google

valet raconta qu'un coup de vent violent était venu subitement du SE qui avait même arraché des tuiles au corps de logis. En même temps, il avait vu s'abaisser au SO sur la forêt un nuage "qui tourbillonnait comme de l'eau bouillante dans une marmite, et sous l'influence duquel les arbres se pliaient comme le blé pour un vent violent." En voyant s'approcher le météore, il s'enfuit, dit-il, dans l'écurie.

A *Wissberga Utgård*, situé plus loin au NE, le toit du corps de logis (10) avait été transporté en bloc 200 pieds presque directement vers le N à *h'*. Des débris du toit de la grange (11) se trouvaient aussi au N-NNE dans la plaine. Un petit magasin (9) du côté oriental de la grange avait été tourné plusieurs degrés vers le N. La maison (12), qui était en construction, était intacte. A *p*, au nord de la place, un pont au-dessus d'un grand fossé avait tout-à-fait disparu. Entre cette endroit et le petit *Soldattorp*, situé sur une petite colline, se trouvaient quatre champs de blé, A, B, C, D, s'étendant du sud au nord, semés d'avoine, de pois, de trèfle et d'orge. Sur les deux premiers, la paille était renversée vers le NE, comme si l'on avait passé au-dessus d'elle avec un rouleau. Le trèfle (C) était déjà recolté, et l'orge (D) restait debout.

Au *Soldattorp*, où demeure un soldat, nommé WIK, du 21^ier^ régiment de ligne, les vitres avaient été cassées, et une partie du toit était emportée. Comme cette maison est située très-près de la ligne de parcours du centre, il faut que la force du météore ait été affaiblie. A l'autre côté de cette maison, on pouvait poursuivre les traces jusqu'à une distance de 5—600 mètres, où le toit de paille d'une grange avait été emporté.

Le propriétaire de *Wissberga Utgård*, M. LARS ANDERSON, raconta qu'il était avec un valet dans la forêt au moment du catastrophe tout près du lieu où avait commencé la dévastation (à *a*). Le temps était variable, disait-il, tout le matin, et il pleuvait par intervalles. Quelques moments après une averse très-forte, une masse de nuages sombres venant du sud s'abaissaient subitement au-dessus de leurs têtes. Il crie avec effroi au valet de prendre garde. Dans le même instant l'éclair tombe sur un sapin à 130 mètres d'eux; on entend un fracas étourdissant, et tous les arbres jusqu'à la limite du bois sont renversés dans un moment.

La femme du soldat a vu par la fenètre au-dessus de la forêt "une fumée épaisse se soulever vers les nuages laquelle tournait dans le sens E—N—O—S". Cette colonne de fumée, qui était plus large au sommet qu'à la base, elle l'a vue s'avancer vers *Lilla Hesselberg*, mais en entendant un bruit terrible et en apercevant que le phénomène étrange s'approchait directement vers elle, elle s'est enfuie dans l'autre chambre. "Est-ce que vous êtes

Digitized by Google

bien sûre, madame", lui dis-je, "que cette colonne de fumée tournait dans le sens que vous avez indiqué, et non dans l'autre sens"? — "Je ne sais pas, monsieur", répondit-elle, "*comment il doit être*, car je n'ai jamais entendu parler d'une telle chose, mais pour mes yeux ça avait réellement l'apparence de tourner comme je l'ai dit."

A *Hallsberg*, situé 2 à 3 kilomètres au SE de *Stora Hesselberg*, plusieurs personnes ont vu la trombe. Elles sont unanimes pour déclarer qu'elle a eu l'apparence d'un cône renversé qui a tourné autour de son axe vertical dans un sens inverse à celui des aiguilles d'une montre placée sur la terre. Quelques nuages ont été détachés des autres et ont formé des tourbillons séparés. Dans la partie supérieure on a vu "une grande quantité de corneilles et de pigeons" qui tourbillonnaient avec une grande vitesse[1]). On a entendu un grondement continuel, et enfin une forte explosion ressemblant à un coup de canon. Alors le cône s'est dissipé subitement, et "les oiseaux se sont sauvés en toute direction." *On a vu les nuages planer tranquillement au-dessus de la trombe qui n'est pas parvenue à beaucoup près jusqu'à eux.*

Comme je l'ai dit plus haut, le temps avait été variable, avec de la pluie par intervalles et un vent faible tout le matin. La carte synoptique du matin nous montre l'existence d'un minimum barométrique au nord en Laponie et d'un maximum au sud sur l'Allemagne. Ce maximum allait en s'approchant de la Suède, et deux jours après, le 20, il occupait toute la péninsule scandinave. Les isothermes allaient le 18 du SO au NE au-dessus de la Suède et de la Norvège. Nous avons obtenu pour ce jour des rapports de 35 stations sur des orages observés. Depuis 7^h du m. jusqu'au midi on a observé des orages à des stations éparses entre le Kattegat et la Baltique méridionale, et pendant l'après-midi à plusieurs stations en Wermland, en Dalécarlie et en Norrland. Ces orages irrégulièrement dispersés appartenaient à la classe appelée par M. MOHN "orages de chaleur". Cependant on n'a observé d'orage à aucune station dans la province de Nerike ni dans les contrées environnantes.

II. *Conclusions et Remarques générales.*

Un coup d'oeil sur la planche suffit pour reconnaître *que toutes les dévastations sont causées par une aspiration de l'air très forte vers le centre du météore qui avançait en même temps à grande vitesse*, et par conséquent *il faut admettre l'existence d'un courant ascendant dans le centre de la trombe.*

[1]) Probablement c'étaient des débris de bâtiments, de planches, de meubles, de vêtements, etc.

Digitized by Google

En effet les arbres et les débris de maisons sont tous projetés en dedans et un peu en avant. Si le mouvement de l'air dans la trombe avait été descendant, il faudrait que les arbres et les autres objets fussent poussés en dehors, ce qui est contraire à l'observation,

De même, l'étude de la planche nous conduit à admettre, conformément aux récits des témoins oculaires, que la trombe a tourné autour de son axe vertical en sens inverse des aiguilles d'une montre placée sur la terre En effet, parce que les dévastations s'étendent à une distance beaucoup moindre à gauche de la trajectoire du centre qu'à l'autre côté, on voit que c'est la vitesse rotative qui l'à emporté sur la vitesse de translation dans le demi-cercle gauche du mouvement tournant où elles ont été par conséquent en opposition. Dans les cyclones on sait que ce demi-cercle prend le nom de *demi-cercle maniable*, par opposition au demi-cercle de droite ou *demi-cercle dangereux* où les deux vitesses s'ajoutent l'une à l'autre. Cependant, il faut que dans le cas actuel *l'aspiration vers le centre ait été d'un effet plus grand que le mouvement de rotation.* Autrement, du côté gauche, les arbres auraient dû tomber avec leurs sommets en arrière, c'est-à-dire, vers le SE au lieu de vers l'ENE.

Les effets de cette trombe ressemblent beaucoup à ceux des "tornados" en Amérique si bien décrits par ESPY, MM. OLMSTEAD, LOOMIS et d'autres météorologistes américains. Cette trombe ressemble aussi à la fameuse trombe de *Chatenay* le 18 juin 1839 décrite par PELTIER [1]). Alors aussi, tous les arbres furent arrachés, et de chaque côté ils étaient couchés parallèlement, leur sommet dirigé vers la ligne centrale. Cependant cette trombe s'était formée au sein d'un orage terrible, "Le ciel était sillonné de longs et brillans éclairs; le roulement du tonnerre était continuel." Par conséquent la trombe était fortement chargée d'électribité, dont l'intervention est rendue évidente par plusieurs phénomènes. Un observateur a vu le sommet inférieur de l'immense cône renversé "rouge de feu"; tous les arbres atteints par le météore ont eu les feuilles desséchées et roussies sur les bords du côté qui regardait la trombe, tandis que les feuilles du côté opposé avaient conservé leur verdure et leur fraîcheur; plusieurs d'entre ces arbres avaient leur tronc fendu et divisé en lattes minces, comme s'ils avaient été frappés par la foudre; et ainsi de suite. Pour PELTIER, qui soutenait la théorie électrique de la formation des trombes, tout cela était un fort appui à cette hypothèse. Dans le cas dont nous nous occupons la trombe a commencé et fini, il

[1]) Météorologie: Observations et recherches expérimentales sur les causes qui concourent à la formation des trombes par ATH. PELTIER Paris 1840, p. 151—163.

Digitized by Google

est vrai, avec des décharges électriques très fortes, mais du reste on n'a observé de phénomènes électriques dans toute la province de Nerike ni avant, ni pendant, ni après le passage du météore. Une trombe remplie de vapeur condensée forme un conducteur immense suspendu entre la terre et la partie supérieure de l'atmosphère, et l'on conçoit facilement qu'elle doit être par conséquent chargée d'électricité atmosphérique. Les effets électriques sont souvent effroyables, mais ils sont sans doute *des effets secondaires* et non pas *la cause* des trombes, d'autant plus qu'on a souvent observé des trombes qui n'ont pas été accompagnées de phénomènes électriques.

De même, on ne peut guère supposer que les trombes soient des tourbillons dus à des vents opposés, car elles se forment surtout dans un air tranquille. Dans le cas actuel elle s'est formée au sein d'un courant d'air modéré de l'OSO causé du minimum barométrique au N et du maximum au SE. C'est d'après notre opinion ce vent qui a emporté les objets, soulevés à une grande hauteur par le courant ascendant, à plusieurs kilomètres vers l'ENE.

Au contraire, tous les phénomènes observés cette fois s'accordent de la manière la plus parfaite à cette théorie, émise déjà par FRANKLIN, modifiée par M. BELT et ESPY, et dans le dernier temps développée et présicée par M.M. PESLIN et REYE dans leurs travaux importants bien connus. Dans cette théorie les trombes sont considérées comme des courants verticaux qui enlèvent en haut l'air humide et chaud près de la surface terrestre. Cet écoulement de bas en haut est necessairement accompagné d'un mouvement gyratoire et d'une dépression barométrique considérable. Selon M. REYE il peut arrivé dans d'autres cas que l'air froid des hautes régions descende de la même manière vers la terre, ce qui donne naissance aux trombes *descendantes* [1]).

Ces courants verticaux doivent naître chaque fois que les couches inférieures de l'atmosphère sont dans un *équilibre instable* causé soit par un échauffement très grand de la surface terrestre, soit par l'arrivée d'un courant supérieur très froid. A l'ordinaire, il s'établit dans de tels cas une grande quantité de courants ascendants et de descendants dont l'existence se manifeste par la formation de Cumulus et par la vibration apparente des objets éloignés. Souvent dans des circonstances favorables, il arrive pourtant que les couches les plus inférieures, quand elles sont dilatées par leur

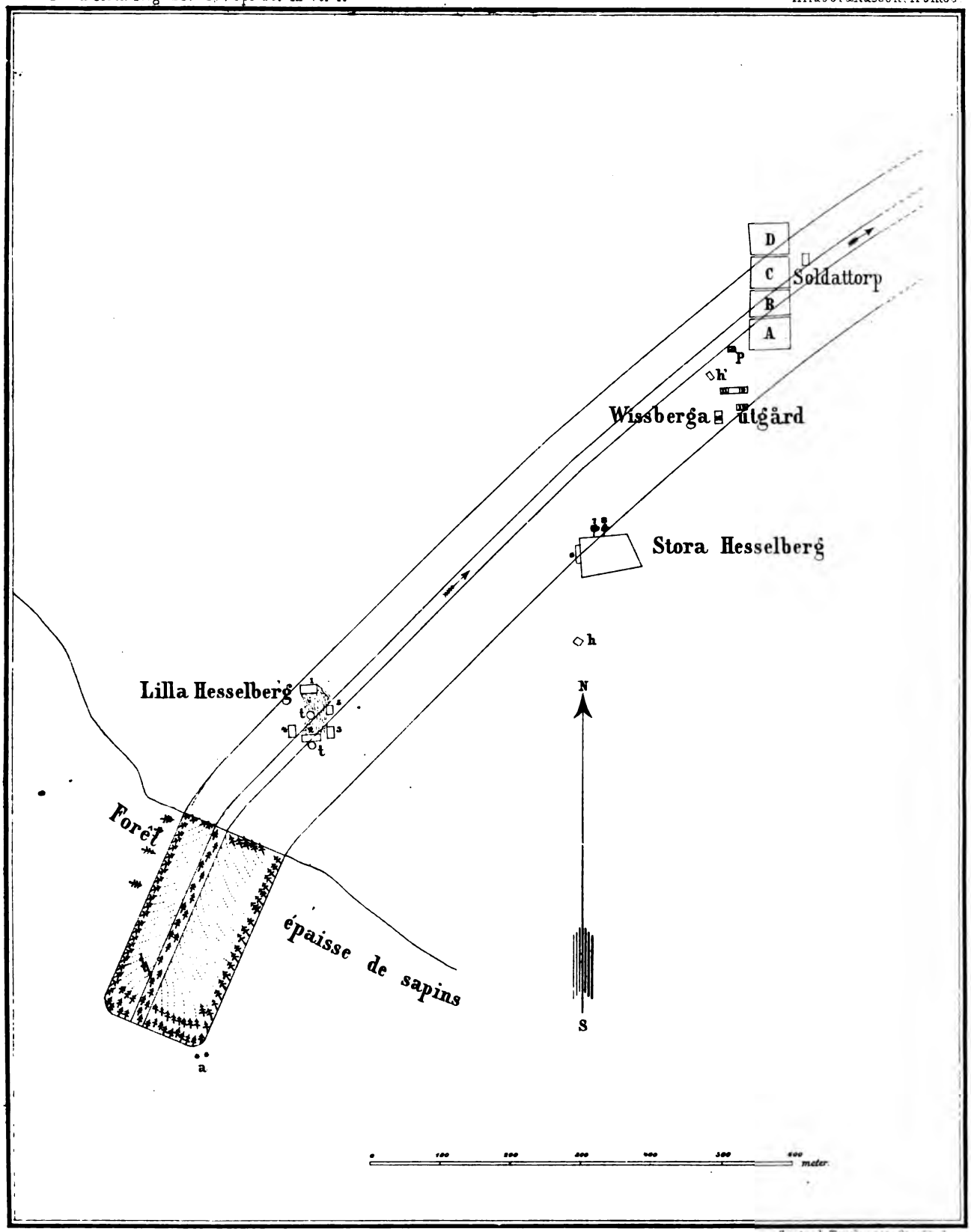
[1]) De telles trombes sont souvents observées et nous en avons un exemple tout récent dans la trombe observée à *Morge* auprès du lac Léman par M. FORET le 4 août 1875. Il a vu, dit-il, très-nettement que le mouvement de rotation spiral des bords de la trombe allait en *descendant*. Comptes Rend. 1875.

Digitized by Google

contact avec le sol fortement échauffé, deviennent les moins denses. Comme on sait, c'est alors qu'on observe le phénomène du *mirage* dans les pays chauds, et particulièrement dans les plaines sablonneuses de l'Afrique. Là, le sol présente souvent l'aspect d'un lac tranquille, sur lequel se réfléchissent les collines et les arbres environnants. Mais tout à coup le voyageur surpris voit s'élever au milieu du lac apparent une colonne gigantesque qui s'avance majestueusement peut-être pour l'enterrer sous des masses énormes de sable brûlant. Dans nos contrées il est bien rare que les couches inférieures deviennent réellement *moins denses* que les supérieures. Selon les calcules de M. REYE il faut, en effet, pour cela que la température décroisse de 3°,42 C. pour une élevation de 100 mètres. Une diminution si rapide n'a guère été directement observé qu'une seule fois, pendant l'ascension fameuse de MM. BARRAL et BIXIO le 27 juillet 1850. Cependant M. REYE a démontré que l'équilibre dans l'atmosphère devient pourtant instable dès pour une diminution de 0°,99 pour 100 mètres. A un air humide suffit un décroissement moins rapide encore. C'est aussi sur l'Océan dans la Zône torride qu'on observe le plus souvent des trombes. Cette théorie nous semble rendre compte de tous les phénomènes observés cette fois. En effet on sait que la force du vent est proportionnelle au *gradient*, et comme le diamètre d'une trombe est très-petit en comparaison de celui d'une tempête tournante oi n'a pas besoin d'admettre une diminution excessive de la pression ni même un vide absolu dans son centre. M. REYE cite deux cas où l'on a observé la dépression du baromètre *tout près* d'une trombe. Dans l'un cas le mercure a baissé $16\frac{1}{2}$ millim. et dans l'autre $2\frac{1}{2}$ lignes Par. (5, 6 millim.), ce qui correspond, selon lui, à une vitesse du vent de respectivement 59 et $34\frac{1}{2}$ mètres par seconde, c'est-à-dire un ouragan terrible.

Or, il suffit pour se rendre compte des dégâts produits par la trombe dont il s'agit d'admettre une dépression de 20 millim. dans son centre. Une telle dépression correspond à une diminution *soudaine* de 272 kilogrammes par mètre carré. Une telle poussée suffit non seulement pour jeter dans l'air comme des morceaux de papier les toits des maisons, arracher les papiers peints aux murs, casser les fenêtres et enlever des hommes et des ponts, mais même pour renverser des bâtiments de bois et disperser les débris sur une étendue considérable.

Digitized by Google



Central-Tryckeriet, Stockholm.

Digitized by Google

Digitized by Google

LA TEMPÉRATURE ET L'HUMIDITÉ DE L'AIR

À DIFFÉRENTES HAUTEURS,

OBSERVÉES À UPSAL PENDANT L'ÉTÉ DE 1875.

PAR

H. E. HAMBERG.

(PRÉSENTÉ À LA SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES D'UPSAL LE 13 MAI 1876.)

UPSAL,
ED. BERLING, IMPRIMEUR DE L'UNIVERSITÉ,
1876.

Digitized by Google

Digitized by Google

Désireux de connaître la température et l'humidité dans les couches inférieures de l'atmosphère à diverses hauteurs et en différents lieux, surtout pendant la nuit, j'ai entrepris l'été dernier une série d'observations, dont j'ai l'honneur de présenter ici les résultats.

Les travaux relatifs à ce sujet, publiés ces dernières années par M. PLANTAMOUR, M. MARTINS, M. GLAISHER et tout récemment par M. WILD [1]) sembleraient, à vrai dire, rendre superflues toutes recherches dans la même direction. Toutefois, le but tout spécial de mes observations, joint à leur caractère plus expérimental et enfin le fait qu'elles sont entreprises dans un pays et sous un climat différents, me permettent d'espérer qu'elles ne seront pas complétement dépourvues d'intérêt, d'autant plus que, dans ma pensée, elles jettent quelque lumière — au moins en ce qui concerne l'humidité de l'air — sur plus d'un point peut-être encore peu connu.

Occupé depuis un certain temps à étudier particulièrement les gelées nocturnes si fréquentes en Suède, leur distribution dans le pays, etc., j'ai été conduit, dans l'été de 1873, à établir une série d'observations sur les températures minima des couches d'air immédiatement voisines du sol, pendant les nuits d'été et surtout durant les nuits de gelées blanches.

J'ai rendu compte ailleurs [2]) de ces observations, en tant qu'elles concernaient les gelées nocturnes: elles sont venues confirmer tout ce qu'on connaissait sur la question. Je m'étais attaché particulièrement à

---

[1]) Ueber den Einfluss der Höhe der Thermometer über dem Boden auf die Bestimmung der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, dans le Repertorium für Meteorologie herausgeg. v. d. Kaiserlichen Akademie d. Wissenschaften, T. V, N:r 2.

[2]) Les nuits à gelées blanches de 1871 à 1873 en Suède (en *suédois*, dans *Upsala Universitets Årsskrift*, année 1874, N° 2); Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, T. X, N° 14, p. 227.

Digitized by Google

un fait relatif à l'humidité, savoir que pendant les nuits de rosée ou de gelée blanche, le point de rosée et par conséquent aussi la tension de la vapeur d'eau sont ordinairement beaucoup plus bas près du sol sur l'herbe que quelques pieds au-dessus, et qu'ils augmentent avec la hauteur, — plus rapidement près du sol jusqu'à un pied et avec lenteur au-delà. La cause de ce phénomène peu observé à ma connaissance, n'a été expliquée jusqu'à présent qu'en admettant que la vapeur d'eau, se précipitant pour former la rosée, n'est pas assez vite remplacée par la diffusion des couches supérieures de l'atmosphère.

M. le professeur R. RUBENSON a rendu compte quelque temps après, à ce sujet, d'une série d'observations psychrométriques au moment de la formation de la rosée, qu'il avait entreprises pendant l'été de 1871 [1]). Mais ces recherches avaient un tout autre but que d'étudier la température et l'humidité à différentes hauteurs à partir du sol et, comme leur auteur le dit lui-même, elles étaient peu propres à ce dessein, car les stations qu'il avait établies se trouvaient à une distance de 300 pieds l'une de l'autre et les psychromètres étaient exposés d'une manière différente aux deux endroits. Néanmoins, ces observations viennent confirmer ce que j'ai dit plus haut de l'humidité absolue. Or, M. RUBENSON se base aussi sur les résultats de ses recherches pour émettre quelques considérations sur les variations en général de l'humidité dans le voisinage du sol. Il cherche, entr'autres, à prouver que la diminution en général de la tension de la vapeur d'eau sur le continent, le soir, résulte de la formation de la rosée, comme on l'admettait depuis longtemps, et il s'efforce de montrer que la diminution, due à une cause encore inconnue, de l'humidité absolue pendant l'après-midi dans les lieux situés près des côtes, peut justement être un commencement de formation de rosée. Nous aurons plus loin l'occasion de voir en quelle mesure nos propres études confirment les vues du savant météorologiste de Stockholm.

Comme les recherches de M. RUBENSON ni les miennes n'entraient au cœur du sujet qui doit nous occuper ici, je résolus de le traiter d'une manière particulière en y consacrant toute mon attention. C'est pourquoi, j'entrepris l'été dernier des observations dans le dessein d'apprendre à connaître:

1° la température et l'humidité suivant une ligne verticale à partir du sol jusqu' à 16 ou 22 pieds de hauteur, et cela, principalement pendant

---

[1]) Öfversigt af K. Vetenskaps Akademiens Förhandlingar, 1875, N:o 1 et Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie T. XI, N° 5, p. 65.

Digitized by Google

les nuits dans l'intervalle compris entre quelques heures avant le coucher du soleil et quelques heures après son lever;

et 2° les mêmes faits comparés en différents lieux, tout en se restreignant alors à 5 pieds au-dessus du sol.

Pour ces travaux de nuit, j'ai eu l'avantage d'être secondé avec autant de zèle que d'intelligence par vingt étudiants de notre Université, savoir

MM.	A. K. BILLING.	P. J. LINDAHL.	T. v. REHAUSEN.
	G. W. BJÖRLINGSSON.	V. LUHR.	C. A. RUNDLUND.
	O. CARLSSON.	C. A. MEBIUS.	FR. RYDBECK.
	N. G. EKHOLM.	T. MOLL.	K. A. RYDBECK.
	G. ENESTRÖM.	M. NORDSTRÖM.	P. A. SANDSTRÖM.
	O. HELLBERG.	H. J. E. ODHNER.	J. F. VESTERLUND.
	E. IVERUS.	L. J. PEDERSON.	O. WIDMAN.

Que ces Messieurs, qui ont bien voulu, dans l'intérêt scientifique seul, me sacrifier leur temps et leur repos, recoivent ici l'expression publique de ma gratitude et de ma haute estime.

MODE D'EXPOSITION DES THERMOMÈTRES.

1. Une question d'une haute importance lors de l'organisation des observations, fut d'abord le mode d'exposition des thermomètres. Comme il s'agissait, pour atteindre mon but, de placer 10 à 12 psychromètres en différents endroits et à des hauteurs variant entre deux pouces et vingt pieds, je ne pouvais pas employer les cages d'ailleurs si parfaites du modèle écossais. Cela m'était tout au moins impossible pour les psychromètres qui devaient se trouver près du sol. Pour ceux destinés à être placés plus haut, je me déterminai pour un simple abri, consistant en quatre planches de 15 pouces environ de longueur sur 6 de large, assemblées de façon à former l'une un toit et les trois autres des parois au S., à l'O. et à l'E. Les deux thermomètres furent fixés horizontalement sur la planche tournée vers le midi [1]). Les psychromètres les plus bas ne pouvaient pas être exposés de cette manière, parce que le rayonnement du sol au-dessous aurait été arrêté et que la température, ainsi que l'humi-

[1]) C'est à peu près le mode d'exposition adopté à l'observatoire de Montsouris à Paris.

Digitized by Google

dité par conséquent, y eût été inexactement indiquée. Aussi, pour me rapprocher autant que possible du mode d'exposition supérieure, tout en évitant l'inconvénient en question, j'entourai la partie inférieure de mes thermomètres d'un cornet ou gâine cônique de papier. A la suite d'une comparaison entre ces deux procédés d'installation de mes instruments, établie spécialement pendant deux nuits, l'une couverte et l'autre claire, et à des hauteurs de un à seize pieds, il s'est trouvé que le thermomètre muni d'un cornet se montrait légèrement plus bas que l'instrument logé dans l'abri en planches, sans accuser cependant un écart de plus d'un demi-degré. La différence était plus sensible près du sol et diminuait au fur et à mesure que la hauteur était plus grande. La tension de la vapeur d'eau était indiquée d'une manière presque identiquement semblable dans les deux modes d'exposition; en revanche, l'humidité relative a été un peu plus fortement accentuée par les psychromètres pourvus de cornets que par les autres, attendu que la température d'après le premier mode d'exposition était un peu plus basse. Quand l'on comparait les deux procédés d'une part, avec la méthode écossaise des cages employées pour les psychromètres de l'appareil THEORELL d'autre part, on voyait naturellement les indications de la température différer considérablement parfois, en ce qu'il pouvait arriver, pendant les nuits claires et calmes, que les thermomètres à cages indiquassent deux degrés de plus que les autres. Avant le coucher du soleil et après son lever, ils accusaient une température plus basse. Il en était de même pour l'humidité relative. En revanche, l'indication de la tension de la vapeur d'eau paraissait être presque entièrement indépendante du mode d'exposition. On pourra nous faire la remarque, et non sans raison, que les chiffres indiqués plus loin ne sont pas tout-à-fait exacts en ce qui concerne la température. A cela nous répliquerons d'abord, qu'en soi la détermination de la température de l'air ne laissant pas que d'offrir de sérieuses difficultés, il n'est certes pas aisé de dire ici ce qui est juste ou non, et ensuite qu'il importe peu, au fond, de la connaître avec une certitude absolue, pourvu que les indications relatives et les variations puissent être considérées comme passablement comparables entre elles.

2. Pour la première partie de mes recherches — celle qui avait pour but l'étude de la température et de l'humidité dans le sens vertical, sans avoir égard à l'influence du terrain —, je me suis servi de deux poteaux: l'un, dressé sur la colline où sont installés les instruments météorologiques de l'Observatoire, portait à différentes hauteurs les psychromètres disposés comme je l'ai indiqué plus haut. Les deux

Digitized by Google

thermomètres du psychromètre inférieur, pourvus de cornets, étaient exposés juste au-dessus de la pelouse fauchée. A un pied de haut à partir du sol, il se trouvait un psychromètre avec des cornets et un autre sous un abri de planches: la moyenne de leurs indications est donnée dans les valeurs mentionnées plus loin pour cette hauteur. Les autres hauteurs, 4, 10, 16 et 22 pieds, étaient toutes pourvues de psychromètres abrités de planches comme nous l'avons vu tout à l'heure.

Au pied de la colline en pente douce et couverte d'arbustes et de buissons, en un point de la pelouse distant de 300 pieds du poteau que je viens de décrire, mais situé à un niveau inférieur de 20 pieds, j'en fis dresser un second exactement semblable, en me conformant en tous points aux dispositions prises pour le premier, sauf que je négligeai à dessein d'y placer un psychromètre à la hauteur de 22 pieds.

Dans tout le cours de mes observations, les psychromètres ont parfaitement répondu à mon attente; mais il est indispensable de consacrer la plus scrupuleuse attention à l'humectation des thermomètres humides. Comme ce genre d'observations exige l'accord absolu de tous les instruments, afin de faire paraître avec régularité les différences souvent peu sensibles, le moindre défaut mainte fois imperceptible dans l'absorption suffit pour rendre inutiles les observations d'un instrument pendant toute une nuit. Le poteau supérieur a rarement présenté cet inconvénient, tandis que cela a été plusieurs fois le cas des psychromètres de la station inférieure. C'est pourquoi, dans ce qui va suivre, les deux endroits ne peuvent pas toujours être comparés chiffre pour chiffre pour toutes les hauteurs au-dessus du sol.

3. La seconde partie de mes recherches, portant sur l'étude de l'influence du terrain, a été exécutée au moyen de six petits poteaux mobiles qu'on pouvait planter en terre: deux psychromètres étaient fixés sur chacun d'eux, de sorte que quand le poteau était enfoncé dans le sol, l'instrument inférieur était si bas que les boules des thermomètres ne surpassaient l'herbe que de trois pouces environ; le psychromètre supérieur se trouvait alors à une hauteur de 4 $^1/_2$ à 5 pieds au-dessus de terre.

I. OBSERVATIONS FAITES SUR LES POTEAUX FIXES PRÈS DE L'OBSERVATOIRE.

4. Pour donner préalablement une juste idée des phénomènes les plus saillants de la température et de l'humidité, par une nuit calme

Digitized by Google

d'été accompagnée de rosée, nous mentionnerons ici un *extrait* de nos observations, en choisissant par exemple la nuit du 16 au 17 Juillet [1]).

Tab. I.

Poteau dressé sur la colline.

1875 Juillet.	TEMPÉRATURE.						TENSION de la vapeur d'eau en millimètres.						HUMIDITÉ relative.						Nébulosité (0 à 10).	Remarques.
	T_0	T_1	T_4	T_{10}	T_{16}	T_{22}	F_0	F_1	F_4	F_{10}	F_{16}	F_{22}	F_0	E_1	E_4	E_{10}	E_{16}	E_{22}		
du 16 au 17	12.1	12.8	13.3	13.8	14.2	14.2	8.5	8.2	8.1	8.0	7.5	7.4	82	74	72	67	61	60	0	soleil encore à l'horizon.
le 16. 8h.30 soir	9.9	10.3	10.5	11.0	11.6	11.8	8.4	8.2	8.3	8.3	7.8	8.0	92	88	88	84	76	76	1	herbe sèche, soleil couché.
9.0	8.3	8.5	8.9	9.5	9.6	9.8	7.7	7.9	7.9	8.1	7.9	8.0	94	95	93	92	87	87	4	▱ faible commence.
9.40	8.0	8.5	8.7	9.2	9.8	10.1	7.8	7.9	7.8	7.9	7.7	7.8	98	95	93	89	84	83	4	herbe très-peu humide.
10.10	8.1	8.1	8.3	8.0	8.2	8.3	7.7	7.8	7.8	8.0	7.5	7.5	96	98	96	99	92	91	3	id. peu humide.
10.45	7.5	7.7	7.8	7.8	8.3	8.8	7.5	7.6	7.5	7.8	7.5	7.4	98	96	94	98	91	87	2	▱ faible.
11.15	6.3	6.6	7.4	7.8	8.1	8.2	6.9	7.2	7.2	7.3	7.5	7.1	98	98	94	92	92	87	1	▱ moins faible.
11.45	5.6	6.0	6.5	6.8	7.4	7.8	6.6	6.8	7.0	7.5	7.2	7.0	97	97	98	100	93	88	0	▱ croissante.
le 17. 0.15 mat.	5.2	5.4	5.7	5.8	6.6	6.8	6.4	6.6	6.7	7.0	6.8	6.8	97	98	99	100	93	91	0	▱ croissant insensiblement
0.45	5.4	5.7	6.2	6.5	6.6	6.8	6.6	6.7	6.9	7.0	6.8	6.9	99	98	97	98	93	92	0	▱ id.
1.15	4.3	4.4	4.6	5.6	6.0	6.1	6.2	6.3	6.3	6.6	6.7	6.6	97	98	94	96	94	93	0	▱ plus abondante.
1.45	4.7	4.9	5.4	5.3	6.0	6.1	6.0	6.2	6.3	6.8	6.8	6.8	97	100	100	100	96	96	0	▱ abondante *).
2.10	3.9	4.1	4.2	4.4	5.0	5.6	6.0	6.0	6.1	6.1	6.4	6.4	98	98	98	97	97	93	0	▱ id.
2.35	3.9	4.0	4.1	4.5	4.8	5.0	6.0	6.0	6.1	6.2	6.3	6.3	98	98	100	98	97	95	0	▱ id.
3.5	3.8	3.8	3.9	4.6	5.3	5.8	5.8	6.0	6.1	6.1	6.4	7.0	97	99	100	96	96	100	0	▱ id. Le soleil se lève.
3.35	4.4	4.5	4.6	5.5	6.4	6.6	6.2	6.2	6.3	6.7	7.0	7.2	100	98	100	99	96	98	0	▱ id.
4.5	5.6	5.7	6.7	7.4	8.0	8.1	6.7	6.8	7.3	7.6	7.9	7.7	99	100	100	98	98	94	0	▱ sur l'herbe.
4.35	7.3	7.3	8.5	9.6	10.0	9.9	7.4	7.5	8.1	8.4	8.6	8.1	98	99	98	93	93	88	0	▱ id.
5.0	11.3	11.5	12.6	13.3	13.2	12.8	9.5	9.4	9.3	9.5	9.1	8.8	96	92	87	83	80	80	0	
6.0																				

*) Même sur les thermomètres inférieurs.

[1]) Dans tout ce mémoire, la température est indiquée en degrés centigrades et l'humidité calculée d'après les tableaux de M. JELINECK; le signe ▱ veut dire *rosée*.

Digitized by Google

T_0 T_1 ... F_0 F_1 ... E_0 E_1 .. désignent dans les tableaux suivants *la température*, *la tension* de la vapeur d'eau et *l'humidité relative* à 0, 1, 4 ... pieds au-dessus du sol.

Tab. II.

Poteau au pied de la colline.

1875 Juillet.	TEMPÉRATURE centigrade.					TENSION de la vapeur d'eau.					HUMIDITÉ relative.					Nébulosité (0 à 10).	Remarques.
	T'_0	T'_1	T'_4	T'_{10}	T'_{16}	F'_0	F'_1	F'_4	F'_{10}	F'_{16}	E'_0	E'_1	E'_4	E'_{10}	E'_{16}		
8h.30	9.7	10.1	11.3	13.2	13.5	8.5	8.4	8.5	8.2	8.0	95	91	85	73	70	0	herbe faiblement humide
9.0	8.6	9.1	10.1	10.9	10.9	8.1	8.0	8.3	8.1	8.3	98	95	91	89	86	0	faible.
9.30	7.8	7.9	9.1	9.4	9.4	7.9	7.7	8.1	8.1	7.9	100	94	93	92	89	2	id.
10.0	7.7	8.1	9.1	9.4	9.6	7.9	7.7	8.1	8.1	7.6	100	94	93	92	84	4	id.
10.30	7.9	8.3	8.5	8.8	8.6	8.0	7.6	7.7	7.8	7.4	100	93	93	92	89	4	id.
11.0	7.7	7.9	8.1	8.2	8.1	7.7	7.5	7.7	7.7	7.4	99	95	96	94	92	2	id.
11.30	6.8	7.0	7.4	7.4	7.3	7.4	7.3	7.5	7.5	7.2	100	99	98	98	94	2	légèrement plus forte
Minuit	5.4	5.7	6.4	6.8	7.2	6.7	6.6	7.0	7.3	7.1	100	97	98	99	94	0	croissante [1]).
0.30	5.5	5.8	6.1	6.4	6.8	6.8	6.7	6.9	7.0	6.8	100	98	99	98	96	0	légèrement croissante
1.0	4.9	5.2	5.6	6.2	6.3	6.5	6.4	6.7	7.1	6.9	100	98	99	100	98	0	id.
1.30	4.3	4.5	5.0	5.2	5.3	6.2	6.2	6.4	6.6	6.5	100	98	98	100	97	0	devient abondante.
2.0	3.9	4.1	4.6	5.0	5.3	6.1	6.1	6.2	6.5	6.6	100	99	98	100	99	0	abondante.
2.30	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	5.9	5.9	6.1	6.1	6.0	100	99	100	98	97	0	id.
3.0	3.1	3.3	3.5	4.0	4.4	5.7	5.7	5.9	6.0	6.0	100	98	100	98	97	0	id.
3.30	3.4	3.6	3.8	4.0	4.0	5.8	5.8	6.0	6.1	6.0	100	98	100	100	98	0	id.
4.0	3.7	3.8	4.0	4.3	4.4	6.0	5.9	6.1	6.2	6.1	100	98	100	100	98	0	id.
4.30	4.5	4.9	5.0	5.2	5.2	6.3	6.3	6.5	6.6	6.6	100	98	100	100	100	0	id.
5.0	5.2	5.4	5.6	5.7	6.0	6.6	6.6	6.8	6.9	7.0	100	98	100	100	100	0	id.
6.0	13.0	13.0	13.0	13.4	13.4	10.0	9.8	10.4	9.7	9.6	90	91	94	86	85	0	

[1]) Les therm. sur les hauteurs 0′ et 1′ couverts de ☂.

Digitized by Google

La *température* commence, même avant le coucher du soleil, à être plus basse près du sol qu'au-dessus. Dans le courant de la nuit, elle s'abaisse à toutes les hauteurs jusqu'au lever du soleil pour remonter ensuite; mais elle continue, longtemps après le lever, à être plus basse près du sol.

Au coucher du soleil, la *tension de la vapeur d'eau* est plus grande près du sol qu'au-dessus. A l'apparition de la *rosée*, juste avant 10 h. et après 11 h., elle se montre plus basse près du sol pour se maintenir ainsi quelque temps encore après le lever du soleil. Vers les six heures du matin, l'inverse commence à avoir lieu, la tension de la vapeur d'eau près du sol est plus grande qu'au-dessus.

L'humidité relative atteint son maximum près du sol et diminue vers le haut, surtout le soir et le matin; pendant la nuit, elle augmente et a sa plus haute valeur au lever du soleil.

Sauf quelques heures avant minuit, la nuit était parfaitement claire. La *nébulosité*, peu considérable, marque son influence sur tous les facteurs météorologiques. La diminution de la température est réprimée, son abaissement vers le sol est affaibli. La formation de rosée, commencée peu avant 10 h., cesse immédiatement. La diminution de haut en bas qui s'était aussi manifestée dans la tension de la vapeur d'eau disparaît pour ne revenir que lorsque le ciel s'est éclairci et que la rosée recommence à tomber. L'augmentation de l'humidité relative est arrêtée pour la même cause.

Si l'on compare entre elles les données des deux poteaux, on remarque immédiatement que la température se maintient toute la nuit plus haute sur le poteau situé au sommet de la colline que sur l'autre; au commencement de la nuit, la tension de la vapeur d'eau est en général un peu, mais presque insensiblement, plus haute à la station inférieure: l'inverse se présente à la tombée de la rosée.

Ces phénomènes se répètent toutes les nuits d'été, accompagnées de rosée.

Lorsqu'on prend la moyenne des valeurs de plusieurs nuits, on remarque, comme nous allons le voir, certains phénomènes qui n'apparaissent pas toujours avec autant de netteté dans une nuit considérée seule. Ce qui suit rendra compte aussi de la température et de l'humidité pendant l'après-midi et la matinée, par un temps clair. Comme les observations n'embrassent pas, faute d'un temps convenable ou pour d'autres raisons, toutes les trois parties d'un même jour — par exemple,

Digitized by Google

l'après-midi est claire, mais non la nuit qui suit, ou bien *vice versâ* — nous traiterons de chaque partie à part, afin de n'être pas obligé parfois d'éliminer ces parties en parlant de jours entiers.

A. Température et humidité de l'atmosphère pendant l'après-midi.

5. On sait que par un temps clair et au milieu du jour, l'air est plus chaud et plus humide près d'une pelouse exposée au soleil qu'au-dessus; et de plus, que la température et l'humidité absolue ou relative, diminuent à mesure qu'on s'élève. L'on peut pourtant se demander si, au moins quant à la température, cela n'est pas admis sur de très-grandes probabilités plutôt que prouvé par de sérieuses observations? Car, en somme, comment peut-on trouver avec certitude la vraie température de l'air en plein soleil et si près du sol? Le moindre ombrage provenant d'un mur ou d'un tout petit écran suffit pour que le thermomètre se montre plus bas près du sol qu'à quelque hauteur de là. En voici un exemple:

A. Le 6 Août à 2^h du soir.		B. Le 6 Juillet à 1^h du soir.	
0 pied	$26^0.3$	0 pied	$27^0.6$
1 »	25.6	1 »	28.7
4 »	25.6	4 »	29.2
10 »	25.0	10 »	28.7
16 »	24.7	16 »	27.6.

Dans les cas *A*, l'herbe et les thermomètres inférieurs munis de cornets sont éclairés par le soleil et pour *B*, ils sont abrités par un écran de 4 pieds carrés environ.

6. Lorsque le soleil incline vers l'horizon, l'insolation diminue, le rayonnement et le refroidissement dû à l'évaporation dominent, et la *température près du sol* décroît plus rapidement qu'au-dessus, de façon que *plusieurs heures avant le coucher du soleil elle est plus basse*, ainsi qu'on le voit dans le tableau suivant. Les jours qui entrent dans sa formation, 20 et 22 Juin, 5, 6, 7, 17 et 28 Juillet, étaient sereins, comme toujours dans ce qui suit, sauf indication contraire.

Digitized by Google

Moyennes de température.

(Station Supérieure.)

SOIR.	T_0	T_1	T_4	T_{10}	T_{16}	T_{22}
$5^h.30^m$	(24.0	24.7	**25.0**	24.9	24.6	24.6)
6.0	(22.5	23.4	23.5	**23.6**	23.4	23.4)
6.30	21.3	21.8	22.1	**22.3**	22.2	22.1
7.0	20.6	21.2	21.5	21.6	**21.8**	21.7
7.30	19.6	20.1	20.5	20.7	**21.0**	20.9
8.0	18.6	19.0	19.4	19.7	**20.0**	**20.0**
8.30	17.3	17.7	18.1	18.6	**19.1**	19.0
9.0	15.5	16.0	16.1	16.9	17.4	**17.4**
9.30	14.2	14.7	15.1	15.6	16.0	16.0
10.0	13.7	14.1	14.5	14.8	15.3	15.3
10.30	13.1	13.5	13.9	14.3	14.7	14.7

(Les lignes insérées entre parenthèses ne sont pas comparables aux autres, parce que la moyenne est établie sur un nombre trop restreint de jours. Les thermomètres 0 et 1, pourvus de cornets comme nous l'avons dit, étaient préservés du soleil par un écran placé à quelque distance).

7. D'après le tableau précédent, la température ne paraît pas atteindre avant le coucher du soleil, son maximum à la plus grande hauteur, mais *il semble qu'un niveau de température maximum s'établisse vers le haut à mesure que le soleil s'approche de l'horizon.* Ainsi, ce niveau est à 4 pieds, à 5 h. 30; à 10 pieds à 6 h., à 16 pieds à 7 h., à 16 à 22 pieds à 8 h. et ensuite. Cette particularité apparaît parfois avec une singulière netteté dans certains cas isolés; en voici quelques exemples:

HEURE.	T_0	T_1	T_4	T_{10}	T_{16}	T_{22}
le 3 Juillet, $7^h.45^m$ Soir	16.8	17.6	18.0	**19.8**	18.8	18.5
17 » 6.0	20.8	22.4	22.6	**23.0**	22.8	22.1
20 » 2.30	24.3	**24.9**	24.8	23.6	23.5	23.0
» » 5.30	22.6	23.0	**23.3**	23.2	22.8	22.8
» » 6.0	21.7	22.2	22.7	**22.8**	22.4	22.3
» » 6.30	21.4	21.8	22.0	**22.9**	21.8	21.5
» » 7.0	19.6	20.0	20.6	20.9	20.9	20.9
» » 7.30	18.7	19.1	19.8	19.8	**20.1**	19.8
» » 8.0	17.5	18.0	18.3	18.7	**18.8**	18.7
» » 8.30	16.0	16.6	17.0	17.6	**18.0**	17.6
» » 9.0	15.2	15.7	16.0	16.6	**16.8**	16.7
» » 9.30	14.6	15.2	15.3	15.8	**16.1**	15.8
» » 10.0	14.0	14.5	14.7	14.8	**15.5**	15.1

Digitized by Google

(Dans le premier exemple, 3 Juillet, le poteau dressé sur la colline était éclairé dans toute sa longueur par de faibles rayons solaires; dans les 2e et 3me ex., un petit écran ombrageait les thermomètres 0 et 1).

Cette particularité ne se présentait sur le poteau inférieur ni aussi souvent ni aussi nettement que sur le poteau supérieur, comme cela ressort du tableau suivant analogue au précédent:

Moyennes de température.

(Station Inférieure).

SOIR.	T'_0	T'_1	T'_4	T'_{10}	T'_{16}
5h.30m	(21.6	22.5	23.7	24.2	**24.6**)
6.0	(20.7	21.3	22.2	22.5	**22.7**)
6.30	(20.9	21.7	22.4	22.9	**22.9**)
7.0	20.1	20.7	21.4	**21.8**	21.7
7.30	18.5	19.2	20.1	**21.0**	20.9
8.0	17.5	18.1	19.1	**20.0**	19.9
8.30	16.1	16.9	17.7	18.6	**18.6**
9.0	14.7	15.4	16.4	16.9	17.1
9.30	13.8	14.5	15.4	15.7	15.8
10.0	13.3	13.8	14.4	14.6	14.8
10.30	12.9	13.4	14.2	14.2	14.4

8. Si nous examinons ce tableau et le précédent qui lui correspond, nous trouvons que jusqu'au moment voisin du coucher du soleil (9 h. environ), *la température tombe avec plus de rapidité près de terre qu'au-dessus.* Au moment même du coucher du soleil ou immédiatement après, l'inverse semble avoir lieu pour un instant, puis l'abaissement de température se poursuit assez également à toutes les hauteurs jusqu'à la fin du tableau. Cela est évidemment un effet de l'insolation, du rayonnement et de l'évaporation. Nous reviendrons sur ce sujet, lorsque nous traiterons de la température pendant la nuit.

9. Passons à *l'humidité.* Pendant le jour, nous l'avons déjà constaté, la tension de la vapeur d'eau et l'humidité relative diminuent à partir du sol de bas en haut. Leur marche heure par heure pendant la partie la plus chaude du jour est, comme on sait, fort irrégulière. A Upsal, comme en général dans tous les lieux situés à l'intérieur d'un continent, il se forme en moyenne un minimum de tension de vapeur d'eau au milieu du jour. L'après-midi la tension augmente peu à peu vers le soir et atteint son maximum vers les 9 heures, pour décroître

Digitized by Google

dans le courant de la nuit. Les rapports d'humidité semblent varier suivant les hauteurs au-dessus de terre, comme on le voit dans le tableau suivant qui renferme les moyennes des observations faites en Juin et Juillet pendant huit après-midi sereines — à peu près les mêmes que celles que j'ai citées pour la température —, savoir le 19, 20 et 29 Juin, ainsi que le 5, 6, 7, 17 et 28 Juillet. (Les parenthèses indiquent que tous ces jours n'entrent pas dans les moyennes). Les valeurs indiquées dans les colonnes F' appartiennent à la station inférieure, les autres sont observées à la station d'en haut.

SOIR.	TENSION de la vapeur d'eau en millimètres.								HUMIDITÉ RELATIVE.					
	F_0	F_1	F'_1	F_4	F_{10}	F_{16}	F'_{16}	F_{22}	E_0	E_1	E_4	E_{10}	E_{16}	E_{22}
$6^h.0^m$	8.3	8.0	—	7.7	7.6	7.0	—	7.0	43	37	35	34	32	32
6.30	8.6	8.2	—	7.8	7.7	7.1	—	7.2	45	41	39	(36)	(37)	36
7.0	8.5	8.2	7.9	7.8	7.7	7.2	7.0	7.3	48	44	41	38	37	37
7.30	8.8	8.4	8.4	7.8	7.6	7.2	7.3	7.2	53	47	43	41	39	38
8.0	8.4	8.2	8.2	7.8	7.7	7.4	7.3	7.2	53	47	47	45	42	41
8.30	8.3	8.1	8.0	7.9	7.7	7.3	7.3	7.3	57	54	51	48	44	44
9.0	8.3	8.1	8.1	7.9	7.7	7.4	7.5	7.3	63	60	56	52	50	49
9.30	8.2	8.1	8.0	7.9	7.7	7.6	7.4	7.5	68	66	62	57	55	55
10.0	8.1	8.0	8.0	7.9	7.7	7.5	7.6	7.5	70	68	64	60	57	57
10.30	8.0	8.0	8.0	7.8	7.7	7.7	7.7	7.6	72	71	66	63	60	59

Près du sol, la tension de la vapeur d'eau accuse déjà un maximum à 7^h 30 soir, puis elle décroît d'une manière continue. Il en est de même à *un pied au-dessus* du sol, bien que l'élévation soit moindre. *A 4 pieds*, on aperçoit un très-faible accroissement, dont le maximum doit se trouver entre 8^h 30 et 10^h. A *dix pieds*, la tension est constante de 6^h à 10^h 30 et à la hauteur de *16 à 22 pieds*, elle monte continuellement jusqu'à 10^h 30 [1]).

Il résulte de là que la différence de tension de vapeur aqueuse entre le sol et 22 pieds de haut, se trouve être vers les 6 heures de 1 à $1^{mm},5$; tandis que vers les dix heures elle est d'un peu moins de

[1]) Notre planche, fig. 1, indique la marche de la tension de la vapeur d'eau pendant l'après-midi. Les chiffres du tableau ne sont pas immédiatement employés, mais remplacés par les moyennes des valeurs pour les demi-heures. Il a été procédé de même pour la construction des courbes, fig. 2 et 3.

Digitized by Google

$0^{mm},5$. Dans les cas isolés cependant, cette marche signale souvent des écarts considérables.

Au sujet de l'humidité relative, il semble qu'il n'y ait rien à remarquer, sinon qu'elle diminue de bas en haut à partir du sol et augmente avec le temps, d'abord plus rapidement près du sol qu'au-dessus, puis assez également à toutes les hauteurs.

B. Température et humidité de l'atmosphère pendant la nuit.

10. Nous voici arrivés à ce moment de la journée, — le coucher du soleil et ensuite —, où la rosée commence à tomber. Il convient de distinguer entre les nuits *avec* ou *sans* rosée. Comme il est nécessaire que les nuits entrant dans les moyennes de chaque groupe ne soient pas trop éloignées dans le temps, le nombre en sera assez restreint: cela donne lieu, il est vrai, à quelques petites irrégularités, mais sans voiler cependant les changements plus réguliers et par conséquent plus importants pour nous. Les nuits à rosée qui ont servi aux tableaux suivants, 19 à 20 Juin, 7—8, 12—13, 16—17, 17—18 Juillet, étaient en général calmes; pendant les nuits sans rosée, 22 à 23 Juin, 5—6, 28—29 Juillet, il soufflait un vent très-faible, à peine sensible à la surface du sol. Il m'a semblé suffisant de ne mentionner que les heures entières.

Température pendant des nuits sans rosée.

HEURE.	A. STATION SUPÉRIEURE.										Diff.
	T_0	T_1	δT	T_4	δT	T_{10}	δT	T_{16}	δT	T_{22}	δT	$T_{16}-T_0$
9h Soir	15.9	16.3	0.4	16.7	0.4	17.1	0.4	17.6	0.5	17.7	0.1	1.7
10 »	13.8	14.1	0.3	14.6	0.5	14.8	0.2	15.3	0.5	15.3	0.0	1.5
11 »	12.8	12.9	0.1	13.2	0.3	13.4	0.2	13.7	0.3	13.9	0.2	0.9
Minuit	11.6	11.9	0.3	12.6	0.7	12.8	0.2	12.9	0.1	12.8	-0.1	1.3
1h Matin	10.6	10.8	0.2	11.1	0.3	11.3	0.2	11.9	0.6	12.1	0.2	1.3
2 »	10.5	10.8	0.3	11.0	0.2	11.3	0.3	11.5	0.2	11.6	0.1	1.0
3 »	10.5	10.7	0.2	11.0	0.3	11.3	0.3	11.5	0.2	11.6	0.1	1.0
4 »	10.9	11.2	0.3	11.4	0.2	11.8	0.4	12.0	0.2	12.2	0.2	1.1
Moy.			0.3		0.4		0.3		0.3		0.1	1.2

Digitized by Google

Heure.	B. Station Inférieure.									Diff.	Différences entre les deux stations.				
	T_0	T_1	$\delta T'$	T_4	$\delta T'$	T_{10}	$\delta T'$	T_{16}	$\delta T'$	$T_{16}-T_0$	$T_0-T'_0$	$T_1-T'_1$	$T_4-T'_4$	$T_{10}-T'_{10}$	$T_{16}-T'_{16}$
9h Soir	14.2	15.2	1.0	16.3	1.1	16.8	0.5	17.4	0.6	3.2	1.7	1.1	0.4	0.3	0.2
10 »	12.9	13.6	0.7	13.9	0.3	14.2	0.3	14.5	0.3	1.6	0.9	0.5	0.7	0.6	0.8
11 »	12.2	12.8	0.6	13.4	0.6	13.5	0.1	13.7	0.2	1.5	0.6	0.1	-0.2	-0.1	0.0
Minuit	11.6	12.2	0.6	12.7	0.5	12.6	-0.1	12.8	0.2	1.2	0.0	-0.3	-0.1	0.2	0.1
1h Matin	10.2	10.9	0.7	11.5	0.6	11.5	0.0	11.7	0.2	1.5	0.4	-0.1	-0.4	-0.2	0.2
2 »	10.3	10.9	0.6	11.3	0.4	11.4	0.1	11.6	0.2	1.3	0.2	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1
3 »	10.2	10.5	0.3	11.0	0.5	11.1	0.1	11.4	0.3	1.2	0.3	0.2	0.0	0.2	0.1
4 »	10.6	10.9	0.3	11.3	0.4	11.4	0.1	11.6	0.2	1.0	0.3	0.3	0.1	0.4	0.4
Moy.			0.6		0.6		0.2		0.2	1.6	0.6	0.2	0.0	0.2	0.2

Température pendant des nuits à rosée.

Heure.	A. Station Supérieure.										Diff.	Différences entre les deux stations.		
	T_0	T_1	δT	T_4	δT	T_{10}	δT	T_{16}	δT	T_{22}	δT	$T_{16}-T_0$	$T_0-T'_0$	$T_1-T'_1$	$T_4-T'_4$
9h Soir	12.9	13.4	0.5	14.1	0.7	14.5	0.4	14.8	0.3	14.8	0.0	1.9	0.5	0.6	0.4
10 »	10.9	11.2	0.3	11.6	0.4	12.2	0.6	12.6	0.4	12.8	0.2	1.7	0.2	0.0	-0.4
11 »	9.5	10.0	0.5	10.4	0.4	10.8	0.4	11.2	0.4	11.5	0.3	1.7	0.1	0.0	-0.2
Minuit	8.5	8.8	0.3	9.2	0.4	9.5	0.3	10.0	0.5	10.4	0.4	1.5	0.6	0.4	0.2
1h Matin	7.4	7.8	0.4	8.5	0.7	8.7	0.2	9.3	0.6	9.6	0.3	1.9	0.5	0.3	0.2
2 »	7.1	7.3	0.2	7.7	0.4	7.9	0.2	8.5	0.6	8.7	0.2	1.4	0.8	0.7	0.5
3 »	6.0	6.3	0.3	6.5	0.2	6.9	0.4	7.2	0.3	7.3	0.1	1.2	0.4	0.2	0.0
4 »	6.8	6.9	0.1	7.1	0.2	7.8	0.7	8.3	0.5	8.4	0.1	1.5	0.7	0.5	0.4
Moy.			0.3		0.4		0.4		0.5		0.2	1.6	0.4	0.2	0.1

Heure.	B. Station Inférieure.									Diff.	Différences entre les deux stations.		
	T'_0	T'_1	$\delta T'$	T'_4	$\delta T'$	T'_{10}	$\delta T'$	T'_{16}	$\delta T'$	$T'_{16}-T'_0$	$T_{10}-T'_{10}$	$T_{16}-T'_{16}$
9h Soir	12.4	12.8	0.4	13.7	0.9	14.4	0.7	14.5	0.1	2.1	0.1	0.3
10 »	10.7	11.2	0.5	12.0	0.8	12.3	0.3	12.2	-0.1	1.5	0.1	0.4
11 »	9.4	10.0	0.6	10.6	0.6	10.8	0.2	10.8	0.0	1.4	0.0	0.3
Minuit	7.9	8.4	0.5	9.0	0.6	9.4	0.4	9.7	0.3	1.8	0.1	0.3
1h Matin	6.9	7.5	0.6	8.3	0.8	8.6	0.3	8.8	0.2	1.9	0.1	0.5
2 »	6.3	6.6	0.3	7.2	0.6	7.5	0.3	7.9	0.4	1.6	0.2	0.6
3 »	5.6	6.1	0.5	6.5	0.4	6.8	0.3	6.9	0.1	1.3	0.1	0.3
4 »	6.1	6.4	0.3	6.7	0.3	6.9	0.2	7.0	0.1	0.9	0.9	1.3
Moy.			0.5		0.6		0.3		0.2	1.6	0.2	0.5

Digitized by Google

L'accroissement de la température avec la hauteur paraît quelque peu *différer aux deux stations.* En effet, la différence de température entre l'air près du sol et à 4 pieds de haut est en moyenne plus grande à la station inférieure qu'à l'autre. En revanche, les températures des couches supérieures offrent une plus grande différence à la station d'en haut qu'à celle d'en bas. Ces différences se retrouvent à chaque nuit isolée en été comme en automne. Nous aurons dans la suite l'occasion d'en parler avec plus de détails.

L'abaissement de la température est plus accentué au coucher du soleil, mais il devient de plus en plus lent, dans le courant de la nuit jusqu'au lever du soleil. Avant le coucher, la température s'abaisse surtout près du sol et moins en général plus on s'élève; après le coucher du soleil et pendant toute la nuit, cette diminution se présente assez également à toutes les hauteurs, peut-être un peu plus lentement en moyenne près du sol qu'au-dessus. On ne remarque pas de différence essentielle entre *les nuits avec ou sans rosée.* La seule chose digne d'être notée, c'est que la différence entre 16 pieds et 0 pied est un peu moindre au poteau supérieur qu'à l'autre. Cela résulte probablement du vent très-faible qui régnait pendant ces nuits-là: il est clair qu'il agisse surtout sur un point plus élevé.

Ce que nous venons de dire de la température s'applique aux *nuits d'automne.* Comme elles n'ont offert aucun intérêt particulier, il est superflu d'en faire quelque mention spéciale. La différence entre les températures de 16 P. et de 0 P., à en juger par les nuits observées, se trouvait être, il est vrai, plus grande vers l'automne qu'elle ne l'avait été en été. Cependant les observations aux thermomètres à minima pendant l'été de 1873 m'ont fourni un résultat opposé, de sorte que la question de l'influence des saisons ne peut être résolue ici.

11. *La diminution de la température,* que les deux stations nous ont montrée en moyenne assez égale pendant la nuit à toutes les hauteurs au-dessus du sol, avec un peu plus de lenteur peut-être près de terre, *dépend cependant beaucoup du lieu,* comme cela ressortira de ce qui suit.

Sur le terrain accidenté et couvert de buissons près de l'Observatoire, la diminution de la température en 10 endroits, pendant la nuit du 10 au 11 Août, se trouva en moyenne être aussi grande à 5 pieds de haut que tout près de terre, comme 101 : 101. Il n'était pas tombé de rosée. Dans la nuit du 16 au 17, en trente endroits sur le même terrain, la température diminua un peu plus vite à 5 pieds que près du sol, dans le rapport de 111 à 102 en moyenne. La rosée était tombée

Digitized by Google

abondamment pendant toute la nuit. Ces observations s'accordent donc avec celles qui ont été faites aux grands poteaux. La nuit du 19 au 20 Août, il a été entrepris des observations en maint endroit de la grande prairie libre qui se trouve au N. de la ville. Avant 11 h. du soir, la température diminua en moyenne aux hauteurs de 5 et 0 pied comme 177 : 242; la rosée parut dès 9 h. Après 11 h., la température commença, en d'autres endroits de la même prairie, à diminuer plus lentement près du sol qu'à 5 pieds de haut: le rapport de ces diminutions était de 60 à 37 (Toutefois, ces derniers chiffres ne sont pas très-sûrs). Le soir du 21, entre 8 et 9 h., le rappport était de 38 : 45 sur le penchant de la colline du château; le 23, au même endroit et à la même heure, on avait 19 : 24, sans rosée. Après 11 h. du soir, le 23, on fit de nombreuses observations à une foule d'endroits dans la prairie située au S. de la ville et à l'O. de la rivière. Presque partout on remarqua une diminution de la température plus rapide près du sol qu'à 5 pieds au-dessus. Le rapport entre les diminutions de température à 4 pieds et tout près du sol était de 177 : 232. Toute la nuit il tomba une forte rosée. Sur une colline du Vieil Upsal, le 29 Août entre 8 et 10 h. du soir, le rapport fut de 60 : 81; on n'avait pas encore remarqué de rosée.

De tout ce que nous venons de citer, nous pouvons tirer cette conclusion que le coucher du soleil ni la formation de la rosée ne limitent la diminution de la température près du sol plutôt qu'au-dessus. Il semble au contraire ressortir de là, que *tout ce qui sert au rayonnement contribue aussi à faire baisser la température avec plus de rapidité près du sol qu'au-dessus, ou, en d'autres termes, à augmenter la différence de température entre ces deux couches atmosphériques.* On ne peut donc pas déterminer si ou quand, avant le lever du soleil, cette différence passe de l'augmentation à la diminution, car elle varie suivant les lieux et de plus, suivant l'état de l'atmosphère.

12. Il peut n'être pas sans intérêt de rechercher spécialement si *le moment où tombe la rosée* se distingue par quelques particularités relatives à la température, par suite du dégagement de la chaleur latente. Les tableaux précédents n'indiquent pas une différence bien tranchée entre les nuits à rosée ou sans rosée, au moins aucune qui puisse provenir de la formation de la rosée. Dans les tableaux suivants, les observations pendant les nuits à rosée sont réparties en trois groupes, portant les rubriques: *sans rosée*, *début de rosée*, *rosée formée*. Les nuits avec grandes oscillations de température ne sont pas comprises ici. Les observations faites d'après le minimum de température pendant la nuit n'entrent pas dans les moyennes, parce qu'il n'y a pas de formation de

Digitized by Google

rosée après ce moment-là. Les nuits mentionnées sont au nombre de 8 à 10 et les demi-heures dans les trois groupes sont respectivement de 24, 37 et 45.

Diminution de la température par demi-heure.

	0 pied.	1 pied.	4 pieds.	10 pieds.	16 pieds.
Sans rosée	$0^0.72$	$0^0.76$	$0^0.75$	$0^0.82$	$0^0.76$
	0.21	0.24	0.10	0.13	0.10
Début de rosée	0.51	0.52	0.65	0.69	0.65
	0.09	0.08	0.15	0.20	0.16
Rosée formée et assez forte.	0.42	0.44	0.50	0.48	0.49

Il suit de là qu'au *début de la rosée*, *l'abaissement de la température est légèrement ralenti près du sol.* Il est difficile en revanche de comprendre que l'inverse ait lieu dès que la rosée est complétement formée, comme cela paraît ressortir du tableau. Le professeur RUBENSON a aussi observé cet effet de la rosée arrêtant l'abaissement de la température, mais seulement lorsqu'elle est déjà assez forte.

13. Nous considèrerons maintenant *les conditions d'humidité* pendant les nuits claires et au moins presque calmes. De même que pour la température dans ce qui précède, nous distinguerons ici entre *les nuits à rosée*, 12—13, 16—17, 17—18, 39—31 Juillet, et les nuits *sans rosée*, 22—23 Juin, 5—6 et 28—29 Juillet. Les heures entières sont seules citées.

Tension de la vapeur d'eau pendant les nuits sans rosée.

HEURE.	A. STATION SUPÉRIEURE.						B. STATION INFÉRIEURE.	
	F_0	F_1	F_4	F_{10}	F_{16}	F_{22}	T'_1	T'_{16}
8^h Soir	8.4	8.0	7.7	—	7.5	7.2	(8.2	7.3)
9 »	7.8	7.4	7.3	—	6.7	6.8	7.7	6.9
10 »	7.7	7.7	7.6	7.4	7.2	7.1	7.6	7.3
11 »	7.5	7.5	7.3	—	7.0	6.9	7.5	7.0
Minuit	7.2	7.1	6.9	6.9	6.9	6.9	7.2	6.9
1^h Matin	6.8	6.9	6.9	6.9	6.7	6.7	7.1	6.8
2 »	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	6.8	7.1	6.9
3 »	7.4	7.3	7.3	7.2	7.1	7.1	7.3	6.9
4 »	7.6	7.6	7.5	7.5	7.4	7.4	7.6	7.3
4.30 »	7.9	7.8	7.8	7.7	7.5	7.5	7.7	7.5
6 »	9.1	8.9	9.0	9.0	8.4	8.6	9.3	8.5

Digitized by Google

Humidité relative pendant les nuits sans rosée.

HEURE.	A. STATION SUPÉRIEURE.						B. STATION INFÉRIEURE.	
	E_0	E_1	E_4	E_{10}	E_{16}	E_{22}	E'_1	E'_{16}
8^h Soir.	54	50	46	47	43	41	53	44
9 »	56	53	51	49	43	43	58	46
10 »	63	61	58	56	51	51	64	58
11 »	67	64	63	62	57	55	67	59
Minuit	69	67	62	61	60	60	68	61
1^h Matin	71	71	69	69	63	61	72	65
2 »	75	73	71	69	67	65	73	67
3 »	78	76	74	72	69	68	77	69
4 »	78	76	74	72	69	68	78	71
4.20 »	78	76	74	70	67	66	77	72
6 »	75	74	72	71	66	66	72	67

Tension de la vapeur d'eau pendant les nuits à rosée.

HEURE.	A. STATION SUPÉRIEURE.						B. STATION INFÉRIEURE.	
	F_0	F_1	F_4	F_{10}	F_{16}	F_{22}	F'_1	F'_{16}
8^h.30^m Soir	8.3	7.8	7.8	7.7	7.1	7.1	7.6	7.1
9 »	8.4	8.2	8.0	7.9	7.5	7.5	7.8	7.5
10 »	7.8	7.8	7.8	7.6	7.6	7.8	7.6	7.6
11 »	7.5	7.6	7.7	7.7	7.7	7.5	7.4	7.5
Minuit	7.1	7.2	7.3	7.5	7.5	7.5	7.2	7.4
1^h Matin	7.0	7.0	7.1	7.3	7.4	7.5	6.8	7.4
2 »	6.6	6.8	7.0	7.2	7.2	7.3	6.4	7.1
3 »	6.2	6.4	6.6	6.7	6.8	6.9	6.0	6.6
4 »	6.4	6.5	6.6	6.8	7.0	7.2	6.1	6.4
5 »	7.5	7.8	8.0	8.3	8.4	8.1	6.8	7.2
6 »	9.5	9.3	9.1	9.0	8.9	8.8	9.1	9.0

Digitized by Google

Humidité relative pendant les nuits à rosée.

HEURE.	A. STATION SUPÉRIEURE.						B. STATION INFÉRIEURE.	
	E_0	E_1	E_4	E_{10}	E_{16}	E_{22}	E'_1	E'_{16}
9h. Soir	86	78	73	71	63	62	82	69
10 »	92	88	84	81	75	74	87	78
11 »	94	91	89	88	83	80	92	85
Minuit	95	94	92	92	89	85	97	91
1h Matin	97	95	95	96	94	91	98	97
2 »	97	96	97	96	94	94	98	97
3 »	97	98	99	96	97	96	98	98
4 »	98	98	99	97	97	95	98	98
5 »	97	97	96	93	93	88	98	97
6 »	95	91	88	87	85	86	92	86

Durant les nuits sans rosée, la tension de la vapeur d'eau est plus grande près du sol et diminue vers le haut (fig. 3). La différence entre la tension près du sol et celle qu'on observe au-dessus de terre est plus accentuée au commencement de la nuit et diminue vers le lever du soleil pour croître ensuite.

Dans les nuits à rosée, la tension de la vapeur d'eau, au commencement de la nuit avant la formation de la rosée, est plus grande près du sol que plus haut; puis, l'inverse a lieu: l'humidité absolue est plus basse à terre et augmente en s'élevant — au moins jusqu'à 22 pieds. Cet état de choses *dure encore quelques heures après le lever du soleil* (fig. 2). Pendant les deux espèces de nuits, la tension de la vapeur d'eau diminue à toutes les hauteurs dans le courant de la nuit, avec plus de rapidité près du sol et plus de lenteur au-dessus. L'abaissement de l'humidité absolue est naturellement plus fort quand il y a de la rosée. Il ressort aussi des tableaux que le minimum d'humidité absolue se rencontre plus tôt dans les nuits sans rosée. Est-ce là l'état normal ou non? C'est ce que je ne saurais dire, car mes tableaux sont fondés sur un trop petit nombre de nuits.

14. Lorsque nous avons rendu compte des variations de l'humidité dans le cours de l'après-midi et de la soirée, nous avons remarqué que la tension de la vapeur d'eau près du sol avait un maximum dès 7^h30 du soir, qui, pour les couches atmosphériques supérieures en revanche, se rapprochait d'autant plus de la nuit que les couches d'air étaient élevées, au moins dans le domaine où nous observions. Or, on retrouve

Digitized by Google

le même fait en jetant les yeux sur les tableaux précédents: ceux des nuits sans rosée accusent un petit écart, il est vrai, en ce que la première heure, 8 h, a une plus grande valeur à la tension de la vapeur d'eau que les heures suivantes même plus haut; cependant nous voyons aussi un maximum à 10 h. Nous avons opéré sur trop peu de nuits pour nous attacher à cet écart. Un fait demeure acquis, c'est que le retardement du maximum aux plus grandes hauteurs est trop nettement accentué pour pouvoir être attribué simplement à une circonstance fortuite. D'après le *Bulletin météorologique d'Upsal,* la tension de la vapeur d'eau accuse son maximum du soir, au mois de Juillet, vers les 9 h., par conséquent à la même heure que le psychromètre indique le sien à une hauteur égale (4 p.) sur le poteau. Nous verrons plus loin aussi un déplacement analogue du maximum le matin, qui se produit un peu plus tôt au-dessus du sol que tout auprès.

Toute la période quotidienne de l'humidité absolue paraît varier considérablement avec la hauteur.

Si l'on veut comparer la marche de l'humidité absolue en différents lieux, il est de toute importance par conséquent que les psychromètres soient placés à égale hauteur au-dessus de terre. Les fig. 5 et 6 représentent l'aspect légèrement idéalisé de la marche de l'humidité absolue à différentes hauteurs d'après les fig. 1 à 4.

15. Ces résultats ne laissent pas que d'avoir une certaine importance. En effet, KÄMTZ a énoncé, le premier je crois, le fait que la période diurne de l'humidité absolue sur le continent a, en été, un minimum au milieu du jour et par conséquent deux maxima, l'un le matin et l'autre le soir; d'après lui encore, ce minimum disparaît près des côtes pour faire place à un maximum. KÄMTZ attribue [1]) la diminution de l'humidité absolue le soir, sur le continent, à la formation de la rosée. Cette explication semble avoir été généralement admise dans la suite [2]). Or, en m'appuyant sur mes observations, je me crois autorisé à mettre en doute la justesse de cette explication du savant météorologiste. Et voici mes raisons:

1° La tension de la vapeur d'eau commence, le soir, à diminuer près du sol dès 7^h30, bien avant que la rosée se présente et pendant que l'humidité relative près de terre n'est encore en moyenne que de 53.

2° La tension de la vapeur d'eau diminue aussi pendant les nuits sans rosée.

---

[1]) KÄMTZ, Vorlesungen über Meteorologie, page 108.

[2]) H. MOHN, Grundzüge der Meteorologie, 1875, page82.

Digitized by Google

3° L'humidité absolue est plus grande près du sol qu'au-dessus, non-seulement plusieurs heures après avoir commencé à diminuer dans les couches inférieures de l'atmosphère, mais aussi pendant toutes les nuits sans rosée.

4° D'après le Bulletin Météorologique d'Upsal, le maximum du soir du l'humidité absolue se présente plus tôt en Juin qu'en Juillet dans les cages de l'Observatoire, bien que la plus grande durée des jours et l'humidité relative moindre donnent lieu de s'attendre à l'inverse.

Pour ces raisons, il semble donc *peu probable que la diminution de l'humidité absolue soit une conséquence de la formation de la rosée.* Il nous paraît, au moins, bien sujet à caution de parler d'une chute de rosée qui ne se remarquerait pas pendant plusieurs heures et qui aurait cependant lieu [1]), quoique l'humidité relative soit très-basse et que la tension de la vapeur d'eau près de terre soit plus grande qu'au-dessus du sol. Dans son Mémoire (p. 19), le prof. RUBENSON s'efforce bien de trouver dans ses observations une confirmation de l'ancienne théorie, d'après laquelle la formation de la rosée serait la cause de la diminution d'humidité absolue le soir; mais il s'attache aussi à *la formation invisible de rosée*, estimant qu'on ne saurait songer à une autre raison. Cependant, en vertu de ce que nous avons exposé plus haut, il semble à peine possible de soutenir autre chose sinon que la vapeur d'eau doit se dégager *en haut* et non *en bas*. Si la rosée se montre, elle contribue naturellement aussi à abaisser la tension de la vapeur d'eau, surtout près du sol, comme nos tableaux et nos courbes l'ont montré.

L'explication de la diminution en général et des différences qu'elle accuse aux différentes hauteurs, nous semble devoir être principalement cherchée dans *les effets simultanés de l'évaporation, de la diffusion de la vapeur d'eau, ainsi que d'un courant atmosphérique ascendant et peut-être aussi d'un courant descendant.* Lorsque l'après-midi le courant ascensionnel commence à diminuer en force, la vapeur d'eau n'est pas rapidement portée vers le haut, mais elle s'arrête dans les couches inférieures de l'atmosphère. L'influence solaire diminuant et le rayonnement du sol augmentant, ces deux facteurs se combinent pour refroidir le sol et l'air qui l'avoisine, de sorte que l'évaporation se produit plus lentement. La tension de la vapeur d'eau doit donc pouvoir commencer à diminuer près du sol sans l'aide d'une formation quelconque de rosée. Les couches supérieures de l'atmosphère, très-sèches pendant le jour, continuent

[1]) E. E. SCHMID, Lehrbuch der Meteorologie, 1860, p. 651.

Digitized by Google

à recevoir la vapeur d'eau d'en bas, ce qui contribue à élever encore quelque temps leur humidité absolue. Comme la source de cette vapeur d'eau, l'évaporation de la surface du sol, y contribue de moins en moins, il faut enfin qu'un maximum soit atteint et qu'une diminution se fasse sentir aussi au-dessus de terre, mais avec d'autant plus de retard que la couche d'air est élevée, au moins jusqu'à une certaine hauteur. La variation diurne de l'humidité absolue ne dépend donc guère de la formation de la rosée: celle-ci n'agit sur elle que pour la modifier dans sa marche nocturne. Quant à l'hypothèse du prof. RUBENSON, d'après laquelle la diminution de l'humidité absolue, dès l'après-midi, près des *côtes*, pourrait aussi être causée par la formation de la rosée, il me paraît, après ce que j'ai cité, difficile de l'adopter: il semble plus plausible d'admettre que les deux phénomènes analogues ont des causes analogues.

16. La marche de l'humidité relative aux différentes hauteurs est moins remarquable. Elle est plus grande près du sol et croît avec la nuit. La différence entre l'humidité relative près du sol et celle d'au-dessus est moindre pendant la nuit que le soir immédiatement avant le coucher du soleil; pendant les nuits à rosée, elle diminue de plus en plus jusque vers le lever du soleil, lorsque l'air est presque entièrement saturé à toutes les hauteurs.

17. Si nous comparons les valeurs d'humidité aux *deux stations*, nous voyons que la tension de la vapeur d'eau *pendant les nuits sans rosée*, est presque *égale* sur les deux poteaux; lorsqu'on compare heure à heure et hauteur à hauteur, elle est faiblement plus grande sur le poteau inférieur. L'humidité relative se comporte de même. En revanche, *pendant les nuits à rosée*, la tension de la vapeur d'eau est *plus grande* la nuit et le matin à toutes les hauteurs de la station supérieure, surtout immédiatement après le lever du soleil. L'humidité relative est plus grande à la station inférieure. Le moment où la tension de la vapeur d'eau dans le voisinage du sol commence à devenir moindre que plus haut au-dessus de terre, ce moment, dis-je, arrive plus tard à la station supérieure qu'à celle d'en bas. Nous reconnaissons évidemment ici l'influence de la rosée qui tombe et plus tôt et plus abondamment à la station inférieure et y rend ainsi l'air plus pauvre en vapeur.

Digitized by Google

C. Température et humidité de l'air pendant la matinée.

18. Les tableaux suivants renferment les moyennes de huit jours sereins en Juin et en Juillet. Les chiffres entre parenthèses sont des moyennes d'un plus petit nombre de jours. Les thermomètres T_0 et T_1 étaient ombragés par un écran.

Température.

HEURE.	A. STATION SUPÉRIEURE.						HEURE.	B. STATION INFÉRIEURE.				
	T_0	T_1	T_4	T_{10}	T_{16}	T_{22}		T'_0	T'_1	T'_4	T'_{10}	T'_{16}
2h30 Matin	7.4	7.6	7.9	8.4	8.7	8.9	2h30 Matin	6.9	7.2	7.7	7.9	8.2
3	7.0	7.3	7.6	8.0	8.4	8.1	3	6.6	7.0	7.4	7.7	7.9
3.30	7.2	7.4	7.6	8.2	8.5	8.8	3.30	6.8	7.1	7.5	7.7	8.0
4	7.6	7.8	8.0	8.6	9.0	9.2	4	7.0	7.2	7.6	7.8	8.0
4.30	(8.6	8.5	9.3	10.0	10.4	10.5)	4.30	(7.6	7.9	8.2	8.4	8.6)
5	(8.2	8.1	9.0	9.9	10.1	10.1)	5	(6.3	6.7	7.1	7.2	7.4)
⋮							⋮					
6	12.8	12.8	13.4	13.6	**13.7**	13.5	6	(13.4	13.6	**14.8**	14.2	1.7)
⋮							⋮					
8	(18.1	18.7	**19.5**	19.1	19.0	18.6)	8	(18.8	19.7	**20.4**	20.1	19.3)
⋮							⋮					
10	(21.8	22.9	23.6	**23.8**	23.6	23.5)	10	(23.6	25.2	**25.8**	24.8	23.8)
⋮							⋮					
1h Soir	(25.1	26.3	26.1	24.6	24.3	23.9)	1h Soir	(24.1	25.0	25.7	25.3	24,5)

Quoique la température monte avec continuité à toutes les hauteurs après le coucher du soleil, elle *demeure plus basse près du sol* et augmente avec la hauteur au moins deux heures après le lever, bien que le soleil ait éclairé le poteau toute la matinée. Cela prouve que *l'élévation de la température, dans les couches inférieures de l'air, n'est pas une conséquence de l'échauffement du sol,* mais bien de *l'absorption par l'air, ou plus exactement par la vapeur aqueuse de l'air, de la chaleur qui traverse ces couches et que réfléchit le sol.* Cela n'empêche naturellement pas qu'au milieu du jour, le sol même ne puisse être plus chaud que l'air qui se trouve au-dessus, ainsi que nous l'avons déjà remarqué, et ne répande de la chaleur vers le haut. De même que le soir il se montrait un *niveau de température maximum* s'élevant au fur et à mesure que le soleil se couche, de même ce phénomène semble se présenter le soir, quoique avec *moins* de netteté.

Digitized by Google

19. Comme nous l'avons vu précédemment, *la tension de la vapeur d'eau* croît le matin après le lever du soleil; mais après une nuit à rosée, elle *se maintient plus basse près du sol qu'au-dessus*, même quelques heures après. Cela paraît fort étrange, car il semble que l'évaporation à la surface du sol ne soit pas la source principale qui fournisse ici l'atmosphère de vapeur d'eau.

Le tableau suivant renferme les moyennes d'humidité du matin pour sept jours du mois de juillet principalement et la plupart avec rosée. Les valeurs pour 10^h ne sont données que par quatre jours seulement; mais on peut probablement les comparer aux autres.

Humidité le matin.

HEURE.	F_0 E_0	F_1 E_1	F_4 E_4	F_{10} E_{10}	F_{16} E_{16}	F_{22} E_{22}
4^h matin	7.3 92	7.4 93	7.7 92	7.7 90	7.7 88	7.7 87
6 »	9.7 87	9.6 86	9.5 82	9.4 81	9.2 77	9.1 77
8 »	10.1 69	9.8 65	9.5 60	9.3 60	8.9 57	8.9 57
10 »	(9.9 51)	(9.0 47)	(9.0 44)	(8.8 44)	(8.7 41)	(8.5 41)

Le maximum matinal de l'humidité absolue n'arrive pas en même temps à toutes les hauteurs. En effet, près du sol on le remarque vers les 8^h, mais de plus en plus tôt aux plus grandes hauteurs: à 16 et 22 pieds, il se montre à 6^h ou immédiatement après et entre 6 et 8^h — probablement plus près de 8^h — à la hauteur de 4 pieds. Cette dernière heure est à peu près la même qu'indique le psychromètre enregistreur voisin, à une hauteur égale, pour le maximum matinal de l'humidité absolue en Juillet. Si nous combinons ces résultats avec ceux auxquels nous sommes parvenus pour le maximum du soir, nous trouverons avec une parfaite certitude que la période diurne de l'humidité absolue varie avec la hauteur, non-seulement pour la *quantité des valeurs*, mais aussi quant au *temps des maxima.*

L'humidité relative ne nous offre rien de notable: elle diminue au fur et à mesure qu'on s'élève et, au moins après 6^h, d'une façon assez égale à toutes les hauteurs. D'après les observations faites à Pulkova [1]), cette diminution en raison de la hauteur a lieu aussi en général pour des hauteurs plus grandes que celles dont nous nous sommes servis.

[1]) H. WILD, Mémoire cité.

Digitized by Google

D. **Humidité de l'air pendant le jour.**

20. Il résulte de nos observations, comme on l'a vu, que pendant la saison chaude les deux maxima diurnes de l'humidité absolue sont plus rapprochés en temps près du sol, et qu'ils s'éloignent d'autant plus que la hauteur est grande, au moins dans le domaine de nos observations.

Par conséquent, entre ces deux maxima, il se trouve un minimum au milieu du jour. Mais, l'étude de l'humidité pendant le jour n'entrant pas, au fond, dans notre dessein, nous n'avons pas entrepris beaucoup d'observations à cet égard. Sans vouloir attacher un degré particulier de confiance aux valeurs suivantes, nous les citons pour donner une idée approximative de la marche de l'humidité absolue, au milieu du jour, à des hauteurs différentes. Lors de ces observations, le ciel était parfaitement clair [1]).

Humidité de l'air.

Heure.	F_0	E_0	F_1	E_1	F_4	E_4	F_{10}	E_{10}	F_{16}	E_{16}	F_{22}	E_{22}
20 Juin Midi	7.7	36	7.2	33	7.2	33	6.4	33	5.7	30	—	—
» » 1^{h}0^m Soir	7.5	35	7.3	33	7.0	32	6.2	31	^{i}6.1	30	6.0	29
» » 2.15	7.5	32	6.7	29	6.8	30	6.2	29	^{i}5.9	28	5.6	27
» » 5.30	7.2	35	6.4	31	6.2	30	6.2	29	5.8	28	5.1	25
16 Juill. 0^{h}20^m Soir	11.1	38	9.3	31	9.5	32	9.2	33	8.7	32	8.5	32
» » 1	10.9	37	9.8	30	9.6	31	9.1	32	8.2	30	8.5	32
» » 2	10.7	36	9.8	31	^{i}9.5	32	9.2	33	8.5	32	—	—
» » 3	9.4	31	9.3	31	9.0	29	9.2	33	8.8	31	8.2	31
17 » 1^h Soir	9.6	46	9.0	39	9.2	39	8.5	39	7.4	34	7.3	35
» » 6	8.7	48	7.5	37	7.2	36	7.3	35	6.6	32	6.2	31
28 » 1^h Soir	6,8	33	6.3	30	5.9	29	5.3	27	4.6	24	4.6	25
» » 3	5.8	30	5.6	27	4.9	27	4.7	26	4.0	21	—	—
Moyennes	8.57	36.4	7.85	31.8	7.67	31.7	7.29	31.7	6.69	29.3	—	—

Comparons ces chiffres ou plus exactement leurs différences avec les valeurs correspondantes pour le soir et pour le matin, que nous avons exposées plus haut: on voit qu'au milieu du jour en général, l'humidité absolue diminue à mesure qu'on s'élève et plus qu'à n'importe quel autre moment. Cela revient à dire que *le minimum de tension de la vapeur d'eau, au milieu du jour, est relativement plus bas dans les hauteurs que dans les couches d'air plus voisines du sol.*

[1]) La lettre *i* indique une valeur interpolée.

Digitized by Google

21. Ce résultat m'a conduit à étudier très-attentivement l'unique série peut-être d'observations complètes que nous possédions sur l'humidité à différentes hauteurs, je veux parler de celles de l'Observatoire de Pulkova, que nous devons à M. le professeur H. WILD [1]). Malheureusement, les observations psychrométriques ne sont pas satisfaisantes, d'après le savant Directeur lui-même; aussi n'a-t-il indiqué dans son Mémoire que la température et l'humidité relative, bien que les données touchant cette dernière ne prétendent pas non plus à une grande exactitude. Les hauteurs employées étaient $1^m,9$, $15^m,9$ et $26^m,3$. Les observations furent faites en général trois fois par jour, à 8^h du matin, à 1^h et à 8^h du soir; pendant l'hiver, elles n'eurent lieu qu'à 1^h du soir. La série embrasse Septembre 1872 à Octobre 1874. Si tant est que les psychromètres n'indiquaient pas de fautes constantes trop considérables, on peut espérer de pouvoir par ce qu'ils nous fournissent se faire une idée, approximative il est vrai, de la marche diurne de l'humidité absolue à ces hauteurs pendant l'été. Partant donc des moyennes de température et d'humidité relative indiquées dans le Mémoire de M. WILD, j'ai calculé l'humidité absolue correspondante des mois d'été des deux années. Voici le résultat de mes opérations:

HAUTEURS en mètres.	TENSION de la vapeur d'eau en millimètres.						
		1873			1874		
		8^h mat.	1^h soir	8^h soir	8^h mat.	1^h soir	8^h soir
1.9	Juin	10.88	10.61	10.57	8.16	7.81	8.38
15.9	»	10.38	9.59	9.93	7.68	7.45	8.24
26.3	»	11.15	11.51	10.80	7.75	7.27	8.21
1.9	Juillet	11.23	11.11	11.41	10.71	11.46	11.19
15.9	»	11.03	10.76	11.15	10.55	11.02	10.94
26.3	»	10.84	9.92	10.92	11.13	11.73	11.40
1.9	Août	10.74	10.29	10.47	9.79	10.34	10.14
15.9	»	10.50	10.09	10.37	9.58	9.98	10.00
26.3	»	10.43	9.52	10.11	9.66	9.64	10.07
1.9	Septembre	7.97	8.31	8.31	8.29	8.51	8.23
15.9	»	7.95	8.00	8.30	7.97	8.17	8.35
26.3	»	7.97	7.93	8.27	8.09	7.71	7.89
1.9	Moyennes	10.21	10.08*	10.19	9.24	9.58	9.48
15.9	»	9.96	9.61*	9.97	8.95	9.15	9.40
26.3	»	10.10	9.72*	10.02	9.16	9.09*	9.37

[1]) H. WILD, Mémoire cité.

Digitized by Google

HAUTEUR en mètres.	MOYENNES de la tension de la vapeur d'eau, Juin—Sept 1873, Juin—Sept. 1874			1873	TENSION de la vapeur d'eau à St. Pétersbourg [1])		
	8^h mat.	1^h soir	8^h soir		8.^{h} mat.	1.^{h} soir	8^h soir
1.9	9.72	9.80	9.83	Juin	10.53	10.17	10.27
				Juillet	11.32	11.09	11.38
15.9	9.45	9.37	9.68	Août	10.72	10.47	10.30
26.3	9.63	9.40	9.69	Septembre	8.69	8.68	8.60
				Moyennes	10.31	10.70	10.14

D'après ces observations, *la moindre hauteur* (1^m,9) *n'accuse pas en moyenne de minimum bien tranché au milieu du jour.* (Les observations de Pétersbourg fournissent un minimum légèrement plus fort). En revanche, il s'en présente un lorsqu'on s'élève et il devient *de plus en plus marqué au fur et à mesure de la hauteur.* Juin 1873 et Juillet 1874 offrent cependant un écart singulier: leur maximum bien accentué se trouve à la plus grande hauteur. Là aussi (26^m,3), la tension de la vapeur d'eau, surtout le matin, paraît être plus grande qu'à la hauteur immédiatement inférieure. Ces particularités et d'autres écarts qui distinguent les moyennes citées ne nous semblent pas devoir être discutées, vu le peu de confiance des chiffres. De plus, le petit nombre des heures d'observations ne permet pas de conclure, relativement au moment du jour où le maximum du matin et celui du soir apparaissent; on ne sait rien non plus sur la marche nocturne de l'humidité absolue aux différentes hauteurs. Néanmoins, notre présomption, énoncée plus haut, semble être justifiée. Mais jusqu'à quel point ce qui se passe à Pulkova — l'apparition du minimum continental plus distincte en haut qu'en bas — peut-il s'appliquer aussi à d'autres lieux plus ou moins près des côtes, c'est ce que seules des observations subséquentes peuvent nous faire connaître.

22. L'apparition plus forte de ce minimum dans une couche plus élevée de l'atmosphère semble indiquer que *le courant atmosphérique ascendant pendant le jour croît en vitesse avec la hauteur.* Cependant il est dans la nature des choses que ce courant commence à se ralentir à une certaine hauteur et *enfin s'arrête.* A ces dernières hauteurs, on devrait s'attendre à ce que, par suite des masses de vapeur d'eau qui s'accumulent successivement, le minimum d'humidité absolue au milieu du jour commençât à monter, ou bien à disparaître, ou tout simplement à être remplacé par un *maximum.* Ce dernier cas semble aussi être confirmé par

[1]) H. WILD, Annalen des Physikalischen Central-Observatoriums, 1873.

Digitized by Google

des observations sur de *hautes montagnes*, où, comme l'a déjà montré KÄMTZ, ce minimum ne se présente jamais. La variation diurne de l'humidité absolue pour un lieu quelconque dépend donc probablement plus que tout autre facteur météorologique, de la hauteur au-dessus du sol à laquelle on exécute les observations.

23. Les résultats exposés dans les paragraphes précédents sont puisés principalement à des observations faites pendant la partie la plus chaude de l'été. Comme ils se sont retrouvés les mêmes pendant la dernière partie de l'été et l'automne, il ne paraît pas nécessaire de rendre spécialement compte des observations en ces deux saisons. Une comparaison des saisons au point de vue quantitatif offrirait assurément de l'intérêt, mais elle réclame une série d'observations autrement longue et continue que la nôtre.

E. Observations faites pendant des nuits isolées.

24. La marche de la température et de l'humidité, considérée dans une nuit sereine, est loin d'être toujours aussi régulière que nous l'avons indiquée dans les moyennes citées plus haut. Bien que la nuit puisse être parfaitement claire et, au moins dans les endroits inférieurs, entièrement calme, il arrive souvent des *anomalies* assez sensibles. Or, si on étudie ces écarts en partant de la marche normale, on remarque qu'ils sont *plus grands près du sol.* Plus haut, au contraire, ils diminuent de plus en plus ou même disparaissent complétement. Une nuit, du 6 au 7 Septembre, pendant laquelle des observations furent aussi entreprises au haut d'une des tours de la cathédrale d'Upsal (200 pieds), la température et l'humidité y indiquaient une marche égale de dixième en dixième, tandis qu'aux hauteurs inférieures et surtout près de terre on remarquait des oscillations. Souvent ces irrégularités ne sont pas uniformes sur les instruments respectifs: ainsi, l'un peut très-bien accuser une élévation du température, tandis qu'un autre indique un abaissement, et cela tout en observant près ou au-dessus du sol.

MARCET dit [1]) avoir presque toujours observé un échauffement des plus basses couches d'air après une chute abondante de rosée. Mainte fois la rosée m'a semblé tomber comme par averses et être accompagnée alors d'un échauffement. Selon toute vraisemblance, la véritable cause de ces oscillations dans la température et l'humidité, ce sont de faibles souffles

[1]) Bibliothèque universelle de Genève, XV, 1838, page 400 (note).

Digitized by Google

de vent, à peine sensibles, qui produisent *un mélange des différentes couches chaudes de l'atmosphère près de terre.* Quand l'air presque saturé, mais plus chaud, d'une couche supérieure vient en contact avec le sol plus froid, la rosée doit tomber plus abondante que quand la vapeur d'eau n'est amenée que par la diffusion d'en haut; en même temps, la température monte aussi.

25. Quand, pendant la nuit après que la rosée s'est posée, le refroidissement a fait baisser la température jusqu'à 0°, il ne se forme pas nécessairement aussitôt une gelée blanche, mais *la température peut descendre d'au moins 1 ou 2 degrés au-dessous de 0° sans qu'il paraisse encore de gelée blanche.* Enfin, lorsque cette dernière commence à se montrer, ou même un peu auparavant, la température monte immédiatement à 0°. Un nombre suffisant d'observations fait défaut pour qu'on puisse affirmer que ce phénomène se présente toujours lors de la transformation de la rosée en gelée blanche.

Nous citerons comme exemple la nuit du 8 au 9 Octobre.

Température (8—9 Octobre) [1]).

OCTOBRE 8 - 9.	A. STATION SUPÉRIEURE.					NÉBULOSITÉ (0 à 10).	REMARQUES.
	T_0	T_1	T_4	T_{16}	T_{22}		
7.$h_{30}{}^m$ Soir	1.5	2.2	2.6	4.0	4.0	1	⌓ faible.
8.0	1.2	1.9	2.7	5.3	5.0	1	id.
8.40	0.4	0.4	0.5	2.5	3.2	1	id.
9.5	—0.6	—0.4	—0.3	2.8	2.6	—	—
9.35	0.6	—0.2	—0.2	1.8	2.7	0	⌓ légèrement plus forte.
10.10	0.1	—0.6	—0.6	0.0	0.4	0	⌓ faible.
10.40	0.0	—0.8	—0.8	0.1	0.7	0	⌓ faible, ⌓.
11.5	—1.4	—1.3	—1.4	—0.5	—0.2	1	id.
11.40	—1.6	—1.2	—1.2	0.0	0.0	2	⌓ faible.
0.10 Matin	—1.8	—1.7	—1.7	—0.8	—0.5	2	⌓ légèrement plus forte.
1.5	—2.3	—2.3	—2.2	—1.6	—1.4	1	⌓ très-sensible.
2.5	—2.3	—2.3	—2.1	—2.7	—1.3	1	⌓ id.
4.5	—3.0	—2.8	—2.6	—2.2	—1.4	1	⌓ id.
6.5	—3.6	—3.5	—3.7	—2.0	—2.0	1	—

[1]) Le signe ⌓ veut dire *gelée blanche.*

Digitized by Google

Octobre 8—9.	B. Station Inférieure.				Nébulosité (0 à 10).	Remarques.
	T'_0	T'_1	T'_4	T'_{16}		
7.^{h}30^m Soir	—0.2	0.3	1.2	2.0	1	⌓ faible.
8.0	—1.2	0.2	1.6	2.8	1	—
8.30	—1.1	—0.6	0.4	1.8	1	⌓ faible.
9.0	—0.6	—0.1	0.3	0.3	—	—
9.30	0.4	—0.4	0.0	0.1	0	⌓ très-faible.
10.0	0.2	—0.4	—0.3	0.0	0	⌓ augmente.
10.30	—0.4	—1.0	—0.6	—0.4	0	⌓ id.
11.0	—0.7	—1.1	—0.8	—1.0	1	⌓ légèrement plus forte.
11.30	—2.6	—1.9	—1.2	—1.0	2	⌓ id.
Minuit	—2.2	—1.6	—1.3	—1.4	2	⌓ id., pas forte.
1^{h}0^m Matin	—2.6	—2.1	—1.8	—2.0	1	⌓ id.
2.0	—2.7	—2.2	—2.1	—1.6	1	⌓ assez forte.
4.0	—4.1	—3.2	—2.8	—2.5	1	⌓ id.
6.0	—4.5	—4.1	—3.8	—3.2	1	⌓ forte.

Vers les 9^h et demie, on remarque aux deux stations près du sol une température ascensionnelle et immédiatement après nous voyons apparaître une gelée blanche très faible. Comme le ciel est parfaitement clair et que la température baisse d'une manière continue au-dessus de terre, de sorte même qu'elle est plus basse que près du sol, la cause de la température croissante près de terre ne peut avec raison être autre que la transformation de la rosée en gelée blanche. Il est étrange et inexplicable que dans ce cas la température près du sol des deux stations monte *au-dessus* de 0, et qu'à la hauteur de 1 et 4 pieds, elle continue longtemps à rester plus bas: ce fait n'a été observé dans aucune autre circonstance.

26. *L'influence de la nébulosité sur l'abaissement de la température* est suffisamment connue pour qu'ici nous ayons besoin de nous étendre longuement à ce sujet.

Lorsque le ciel est entièrement couvert et surtout chargé de brouillards, la température est égale ou presque égale à toutes les hauteurs. L'air sec ou des nuages élevés permettent pourtant aussi, par un ciel couvert pendant la nuit, une température un peu plus basse près du sol que dans les couches supérieures.

Wells dit [1]) que pendant des nuits très couvertes, surtout lorsqu'il

[1]) Wells, Essay on Dew (traduit dans les Annales de Chimie et de Physique, T. V, 1817).

Digitized by Google

fait du vent, le sol peut parfois être *plus chaud que l'air au-dessus*: je ne l'ai jamais remarqué pendant mes études de l'été dernier; mais en 1873, lorsque je fis les observations dont j'ai parlé sur le thermomètre à minima dans les couches d'air avoisinant le sol, le phénomène mentionné par WELLS eut vraiment lieu 4 nuits sur 126; toutefois, la plus grande différence de température entre les hauteurs d'observation (0 pied, $^1/_2$ et 1 $^1/_2$) ne dépassait pas 0°,5 (le 16 Juillet). Pendant ces nuits, le temps était couvert et pluvieux.

L'humidité pendant les nuits couvertes est passablement égale à toutes les hauteurs, sauf un léger excès près du sol; elle est naturellement égale à toutes les hauteurs, en cas de pluie ou de brouillard épais. Nous nous bornerons à quelques exemples.

Température.

HEURE.	STATION SUPÉRIEURE.						REMARQUES.
	T_0	T_1	T_4	T_{10}	T_{16}	T_{22}	
le 21 Juin 1h0m Matin	12.6	13.2	13.6	13.8	13.8	13.8	le ciel couvert.
7 Juillet 3.0 »	13.9	14.2	14.2	14.3	14.3	14.2	id.
» » 3.30 »	13.6	13.8	13.9	14.0	14.0	14.0	id.
15 » 0.30 »	10.7	11.0	10.8	10.8	10.8	10.8	id. pluie récente.
6 Août 2.15 »	11.1	11.0	11.4	10.9	11.0	11.1	brouillard épais.

Humidité.

HEURE.	STATION SUPÉRIEURE.										REMARQUES.
	F_0	E_0	F_1	E_1	F_4	E_4	F_{10}	E_{10}	F_{16}	E_{16}	F_{22}	E_{22}	
le 21 Juin 1h0m Matin	8.3	77	8.0	77	7.5	64	7.8	66	7.4	62	7.2	61	le ciel couvert.
7 Juillet 3.0 »	10.0	85	9.7	81	9.5	79	9.5	77	9.2	75	9.2	75	id.
» » 3.30 »	9.0	78	9.0	77	8.8	75	8.9	74	8.7	73	8.5	71	id.
15 » 0.30 »	9.5	99	9.5	99	9.5	100	9.7	99	9.5	97	9.7	99	id. pluie récente.
6 Août 2.15 »	9.6	99	9.8	100	10.0	100	10.0	100	9.9	100	9.9	100	brouillard épais.

27. Si le ciel se couvre pendant une nuit claire, la température augmente près du sol comme au-dessus, par suite du changement survenu dans les conditions de rayonnement. En même temps l'humidité absolue s'accroît, car l'élévation de la température hâte l'évaporation. Si la rosée est déjà tombée, la tension de la vapeur d'eau augmente plus

Digitized by Google

rapidement. Cela est trop évident pour que nous devions en citer quelques exemples.

Pendant des nuits claires à rosée, on sait qu'il se produit souvent, dans les lieux bas et couverts d'herbe, un *brouillard* qui s'élève parfois si haut qu'il voile le ciel. En même temps, on remarque *un accroissement de la température comme de l'humidité absolue.* La quantité de vapeur d'eau qui s'est produite alors ne peut pas provenir de l'évaporation du sol, mais bien d'en haut, soit par diffusion, soit parce que les vapeurs vésiculaires tombent ou bien encore pour les deux causes combinées, et c'est ce qui nous paraît le plus vraisemblable. Voici quelques exemples:

Température (5—6 Août) [1]).

Août 5—6.	Température.					Remarques.
	T'_0	T'_1	T'_4	T'_{10}	T'_{16}	
11^h0^m Soir	9.0	9.5	10.3	11.3	12.2	≡, hum. rel. près de 100.
11.30 »	8.7	9.1	10.2	10.6	11.4	≡
Minuit	8.5	8.9	9.5	10.4	10.8	≡ faible, transparent.
1^h Matin	8.9	9.5	9.8	9.8	10.0	≡ épais, qq. étoiles paraissent.
2 »	11.1	11.2	11.8	11.0	11.0	≡ très-épais.

Je n'ai jamais remarqué que par le brouillard, la température soit plus haute près du sol qu'à quelque distance au-dessus, comme l'indique HARVEY [2]).

II. INFLUENCE DU SOL SUR LA TEMPÉRATURE ET L'HUMIDITÉ DE L'ATMOSPHÈRE.

28. Dans notre première partie, nous nous sommes principalement occupés de la température et de l'humidité en ligne verticale aux deux stations voisines de l'Observatoire. Il nous reste maintenant dans notre seconde partie à rendre compte des résultats de nos observations sur l'influence du terrain. Elles ont été entreprises surtout pendant des nuits sereines et, comme nous l'avons déjà mentionné, à l'aide de psychromètres fixés à 3 pouces et à 5 pieds au-dessus du sol, sur de petits poteaux: leurs thermomètres étaient munis de cornets. Il suffira de citer ici *les résultats les plus généraux* et ce qui peut être de quelque intérêt.

[1]) Le signe ≡ veut dire *brouillard.*

[2]) KÄMTZ, Lehrbuch der Meteorologie, T. I, p. 367.

Digitized by Google

29. *Sur un terrain inégal et couvert d'herbe, la température près du sol est généralement plus haute sur les parties saillantes.* Ainsi, sur une petite élévation de 1 à 3 pieds, la température accuse souvent au-delà d'un degré de plus qu'en bas. Il suffit qu'un enfoncement ait 1 à 2 pieds de profondeur pour être d'un degré plus froid que ses bords. Cela a même lieu en quelque mesure au milieu du jour à l'ombre d'un arbre, d'un mur, etc. Au fond d'un fossé de 5 à 8 pieds de profondeur et d'un diamètre double en haut, la température s'est trouvée être une nuit plus froide de 4 à 6° qu'au bord. Le fond des rigoles d'irrigation dans les champs indiquait toujours, lorsqu'il était couvert d'herbe, 1 à 3 degrés de moins que les bords: en revanche, l'inverse avait lieu lorsque le fossé était formé d'argile. Un arbre ou un buisson, un étang ou une rivière élèvent la température alentour ou pour parler plus exactement l'empêchent de descendre beaucoup. Elle est sensiblement plus haute sur l'herbe courte que sur l'herbe longue. Elle est plus élevée aussi sur le sable que sur l'herbe. A la hauteur de 5 pieds, elle varie aussi avec les inégalités de terrain, mais pas autant que près du sol.

30. On sait que sur les *grandes hauteurs*, la température nocturne est sensiblement plus haute que dans la plaine, et c'est aussi ce qui porte le bétail à se reposer de préférence sur les premières pendant la nuit. *Dans un enfoncement de quelques pieds sur une colline élevée, la température peut cependant être aussi basse et même plus basse qu'au pied de cette colline.* Ainsi, à 5 et 0 pied au-dessus du sol, nous avons observé une nuit dans une prairie les valeurs respectives 8°3 et 4°7, et, au sommet d'un monticule haut de 150 pieds environ, 10°7 et 10°1; mais dans un fossé de 5 à 8 pieds sur le sommet, nous avons eu 10°0, 6°3 et 7°5, 4°4. Sur le flanc escarpé mais égal d'une colline couverte d'herbe et haute d'une centaine de pieds, la différence de température entre le sommet et les versants assez près du pied n'excède pas ordinairement 1 à 2 degrés, si l'on compare entre elles les hauteurs de 5 pieds ou celles de 0. Lorsque la déclivité est plus douce à un endroit, ou que le sol devient plan ou s'enfonce, ou bien encore si l'herbe est plus longue, la température s'abaisse immédiatement.

La température à 5 pieds au-dessus du sol d'une colline est plus basse que c'elle d'un endroit situé plus bas sur le même plan horizontal. Au haut d'une des tours de la cathédrale (200 pieds au-dessus du sol) le thermomètre accusait 12°4 à 13°4 quelques heures avant le lever du soleil, tan-

Digitized by Google

dis que sur des collines élevées du voisinage au même niveau horizontal il n'indiquait alors que 10°2 à 1'0°7 à 5 pieds au-dessus de terre.

La différence de température entre 5 et 0 pied au-dessus du sol est beaucoup plus grande aux endroits bas et plans que plus haut. Dans le premier cas, elle s'est trouvée mainte fois atteindre plusieurs degrés, tandis que dans le second, aux mêmes heures, elle n'accusait qu'un nombre égal de dizièmes de degré. Il ne faut cependant pas conclure de là que la température au-dessus de 4 pieds augmente plus rapidement avec la hauteur dans les endroits inférieurs. En effet, c'est justement le contraire qui a lieu, comme nous l'avons montré précédemment par nos observations aux poteaux voisins de l'Observatoire.

En résumé, on peut dire que, *toutes les hauteurs grandes ou petites tendent la nuit à élever les isothermes* qui se trouvent ainsi plus rapprochées au-dessus d'une hauteur qu'au-dessus d'une vallée.

31. Lorsqu'on dit, selon une expression vulgaire, que l'air froid des vallées descend des hauteurs, cela ne peut être vrai de l'air voisin du sol, car il est, et de bonne heure le soir, plus chaud sur les sommets et les versants des collines que dans la plaine et ne peut par conséquent pas baisser près du sol. En revanche, il doit se mouvoir le long des isothermes des versants et s'accumuler ainsi au-dessus de la vallée, mais non près du sol. L'air qui se trouve à une certaine hauteur au-dessus du fond de la vallée, plus chaud que celui du même niveau près de la colline, devrait dans ce cas monter et remplacer celui qui est descendu du sommet: de cette façon, nous aurions *une circulation d'air entre les hauteurs et les vallées.* Le mouvement que parfois, lorsqu'on se trouve sur une hauteur, on remarque dans le brouillard qui s'est formé pendant une nuit claire, est peut-être en grande partie une conséquence ou un signe de ces égalisations de température entre des couches atmosphériques diversement chaudes.

32. Par rapport à l'agriculture, on peut déduire des observations citées quelques *règles utiles pour se préserver de la gelée blanche.* Toutes choses égales d'ailleurs, les gelées, comme on le sait, se produisent surtout sur un sol herbeux, inégal, bas ou entouré de hauteurs ou de bois; elles sont moins fréquentes sur les terrains unis ou en pente, hauts et exposés au changement d'air. Favorisées par les rigoles où croît l'herbe, surtout si celle-ci est longue, elles sont tempérées ou arrêtées par le sol nu, comme par les arbres et en automne par les cours d'eau qui se trouvent dans le voisinage.

Digitized by Google

33. Si la température nocturne varie beaucoup suivant les lieux, *l'humidité absolue* en revanche, en tant qu'il n'y a pas de rosée, est à peu près égale partout. Quelquefois la tension de la vapeur d'eau s'est trouvée plus basse près du sol qu'au-dessus, sans qu'on ait peu remarquer de rosée. Cela est arrivé dans les champs de blé fauché lorsqu'il y avait de la rosée dans le voisinage, d'où il semblerait que le sol même absorbait la vapeur d'eau avec l'air.

L'accroissement de l'humidité absolue avec la hauteur pendant les nuits à rosée, est sensiblement différent suivant les lieux et résulte des mêmes circonstances qui produisent le refroidissement près de terre. Si le ciel se couvre ou qu'un fort brouillard s'élève, la tension de la vapeur d'eau augmente et devient bientôt presque partout égale, dans les endroits élevés ou bas, comme nous avons vu que c'était le cas pour la température.

34. En *ville*, pendant une nuit sereine, la différence de la température et de l'humidité au-dessus du pavé à diverses hauteurs est loin d'être comparable au cas de la campagne, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau suivant:

SEPTEMBRE 6—7.	TEMPÉRATURE.			HUMIDITÉ.					
	$T_{0.5}$	T_5	T_{200}	$F_{0.5}$	$E_{0.5}$	F_5	E_5	F_{200}	E_{200}
Minuit	14.0	14.1	14.4	11.2	95	10.5	88	10.0	83
0^h30^m Mat.	13.8	13.9	14.2	10.5	91	10.5	90	10.2	85

La température paraît augmenter légèrement avec la hauteur; en revanche, la tension de la vapeur d'eau et l'humidité relative diminuent. Il n'y avait pas non plus de rosée.

RÉSUMÉ.

Les résultats auxquels nous croyons être parvenus dans cette étude peuvent s'énoncer brièvement dans les termes suivants:

Par un temps serein, l'après-midi 2 à 3 heures au moins avant le coucher du soleil et le matin 2 à 3 h. avant son lever, *la température de l'air* est plus basse près de terre qu'au-dessus (§§ 4, 6, 18). Par conséquent, la température ascensionnelle de l'air, le matin, ne résulte pas de l'échauffement du sol même (§ 18).

Digitized by Google

L'abaissement de la température pendant l'après-midi avant le coucher du soleil est plus grand près de terre que dans les couches supérieures; pendant la nuit avec ou sans rosée, il est tantôt plus grand près du sol, tantôt égal ou moindre, suivant la nature du terrain et les conditions du rayonnement (§§ 8, 11).

La chaleur latente dégagée lors de la formation de la rosée semble assurément arrêter l'abaissement de la température, mais pas autant qu'on serait autorisé à s'y attendre (§§ 12, 24).

Lors de la rosée, la température près du sol peut descendre assez au-dessous de 0°, mais aussitôt que la rosée se change en gelée blanche, la température remonte immédiatement à 0° et chose singulière! même au-delà, tandis que, plus haut, elle peut continuer à être au-dessous du point de congélation de l'eau (§ 25).

Les isothermes de l'atmosphère près de terre, pendant une nuit, ne sont pas toujours horizontales et parallèles entre elles, mais comme élevées dans une certaine limite à toutes les hauteurs petites ou grandes; elles sont plus rapprochées au-dessus des sommets que dans les endroits inférieurs (§§ 10, 29, 32).

La *tension de la vapeur d'eau*, pendant les nuits sereines sans rosée comme pendant le jour, est plus grande près du sol et diminue vers le haut; dans les nuits à rosée au contraire, lorsque la rosée est tombée, elle est plus basse près de terre et augmente vers le haut. Cette influence de la rosée s'étend encore à 22 pieds au-dessus du sol. Dans les deux espèces de nuits, l'humidité absolue diminue vers le matin, après quoi elle recommence à monter (§§ 4, 13).

La cause de la diminution en général de l'humidité absolue le soir ne doit pas être cherchée dans la formation de la rosée: celle-ci n'exerce qu'un effet modificateur, en ce qu'elle contribue à l'abaissement général, dû à d'autres causes, de la tension de la vapeur d'eau (§ 15).

La marche diurne de l'humidité absolue par un temps clair est différente aux diverses hauteurs, soit en ce qui concerne les valeurs absolues, soit quant au temps des extrêmes et de leurs quantités respectives. Le maximum du soir arrive plus tôt le soir près du sol qu'au-dessus, et de plus en plus tard à mesure qu'on s'élève jusqu'à une certaine limite. Le maximum matinal tombe plus tard près du sol qu'au-dessus. Le minimum du milieu du jour est relativement plus large et plus profond au fur et à mesure de la hauteur jusqu'à un certain point. Si ce minimum est insignifiant, ou qu'il manque près de terre, il peut

Digitized by Google

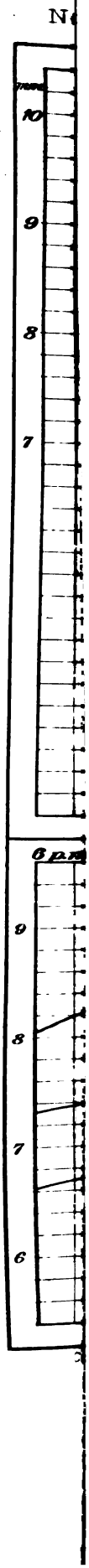
en revanche apparaître plus haut et se montrer avec d'autant plus d'évidence que la hauteur est grande (§§ 9, 14, 15, 19—22).

L'humidité absolue et par conséquent aussi le point de rosée pendant la nuit avant que la vapeur d'eau se soit précipitée, sont assez égaux en différents lieux situés à la même hauteur au-dessus du sol. Lorsque la rosée se forme, ils diffèrent suivant les lieux: comme ils dépendent de la rosée plus ou moins forte, ils sont naturellement plus bas aux endroits où la température est la moins haute (§§ 17, 33).

Si le ciel se couvre ou que le brouillard se lève, la température et la tension de la vapeur d'eau montent et sont presque égales en ligne verticale (§§ 26, 27).

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

ÜBER

DAS ATOMGEWICHT DES SELENS

VON

GUSTAV EKMAN UND **OTTO PETTERSSON.**

(ÜBERLIEFERT DER K. SOCIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU UPSALA D. 13 MAJ 1876.)

UPSALA 1876,
DRUCK DER AKADEMISCHEN BUCKDRUCKEREI,
ED. BERLING.

Digitized by Google

Digitized by Google

Das jetzt angenommene Atomgewicht des Selens 79,0 ist eine Mittelzahl, berechnet aus den Bestimmungen von Berzelius, Sacc und Erdmann und Marchand.

Berzelius [1]) erhielt durch Analyse des Selenchlorids Se = 79,48 und Se = 79,32.

Sacc [2]) fand durch Zersetzung von selenigsauren Baryt durch Abdampfen mit Schwefelsäure Se = 78,62 und durch Reduktion der selenigen Säure Se = 78,46.

Erdmann und Marchand [3]) erhielten durch Analyse des Selenquecksilbers Se = 78,60.

Das Mittel aus diesen Bestimmungen berechnet sich zu 78,89, welches man zu 79,0 abgerundet hat, um eine für analytische Berechnungen bequemere Zahl zu erhalten.

Wir haben hier nur diejenigen Bestimmungen angeführt, die von den Verfassern als tadellos bezeichnet und mit dem Anspruch, als wahre Atomgewichtsbestimmungen zu gelten, veröffentlicht sind. Wir haben von der Berechnung ausgeschlossen:

1) Eine Analyse von Berzelius des Selensilbers, die das Resultat Se = 77,84 gab.

2) Einige Analysen von Mitscherlich und Nitzsch des selensauren Kalis und Natrons (Resultate sehr abweichend).

3) Mehrere Atomgewichtsbestimmungen von Sacc, die nach fehlerhaften Methoden ausgeführt sind und wenig unter sich übereinstimmen.

In der letzten Zeit hat die Forschung neue Anhaltspunkte für die Spekulation über die Natur der Grundstoffe in den Atomgewichten derselben gefunden. Für die Entwickelung der teoretischen Chemie wird

[1]) Unter der Annahme von Ag = 108; Cl = 35,5. Schweigg. Journ. 1818. Bd. XXIII.

[2]) Journal f. prakt. chem. Bd. XLII. S. 329.

[3]) Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. LXXXII. S. 77.

Digitized by Google

das genaue Kentniss der Atomgewichte sämmtlicher Elemente immer mehr ein wichtiges Bedürfniss.

Das Selen gehört einer Reihe von Elementen, wovon die Atomgewichte der beiden ersten Glieder, des Sauerstoffs und des Schwefels, sehr genau bestimmt sind, während über die Atomgewichte der beiden übrigen Elemente, des Selens und des Tellurs, grosse Unsicherheit herrscht.

Wir haben uns in dem vorliegenden Arbeit die Aufgabe gestellt, das Atomgewicht des Selens möglichst genau festzustellen.

Diese Untersuchung ist in dem Laufe der letzten drei Jahren in dem Universitätslaboratorium zu Upsala ausgeführt worden.

---

§ 1.

Das Selen war nach der üblichen Methode [1]) aus Selenschlamm von der Schwefelsäurefabrik zu Fahlun dargestellt. Um aus dem rohen Selen ein vollkommen reines Präparat zu erhalten, haben wir den folgenden Weg eingeschlagen. Zuerst wurde durch Behandlung mit Salpetersäure selenige Säure dargestellt. Diese wurde danach sublimirt, in Wasser gelöst und filtrirt. Die sublimirte Säure ist schon ein sehr reines Produkt, die ausser Schwefelsäure nur eine verschwindend kleine Verunreinigung von Quecksilber enthält, welches sich jedoch, wenn die Säure in Wasser gelöst wird, in weissen Flocken von selenigsaurem Quecksilberoxydul abscheidet, die in wässeriger seleniger Säure vollkommen unlöslich sind. Aus der filtrirten Lösung wurde durch schweflige Säure das Selen ausgefällt und sehr lange und sorgfältig ausgewaschen. Nach dem Auswaschen wurde das Selen wieder oxydirt und die selenige Säure mehrmals sublimirt [2]).

---

[1]) Ausziehen mit Cyankalium und Ausfällen mit Salzsäure (siehe übrigens): «De selensyrade Alunarterna och Selensyrans qvantitativa bestämning» Dissertation von O. PETTERSSON Upsala 1872.

[2]) Dies geschah immer in einem weiten Verbrennungsrohr, worin die trockne Substanz eingelegt und unter Durchleiten eines Luftstroms sublimirt wurde. Die Luft war vorher getrocknet und durch Baumwolle filtrirt, um Reduktion der selenigen Säure durch organische Substanzen zu verhüten. Auf diese Weise gelingt es, die sublimirte Säure vollkommen rein und weiss zu erhalten.

Digitized by Google

Die selenige Säure war jetzt vollkommen rein. Sie liess sich ohne Spur eines Rückstandes verflüchtigen und löste sich vollkommen klar im Wasser. Das Einzige, was noch in Frage gestellt werden kann, ist: ob die selenige Säure auch von Tellur befreit sei oder nicht.

Wir haben allen Grund anzunehmen, dass unser Material schon von Anfang an frei von Tellur war. In den Rückständen und Resten von der Bereitung des Selens, wo man besonders erwarten konnte, den Tellurgehalt des Rohmaterials, falls ein solcher wirklich vorhanden war, angehäuft zu finden [1]), war nichts davon zu entdecken. Da jedoch die Reaktionen des Tellurs und besonders die Schärfe derselben nicht gut studiert sind, und es für unsern Zweck nöthig war, jedem Zweifel vorzubeugen, haben wir mit einem Theil der selenigen Säure einen sehr umständlichen Reinigungsprocess vorgenommen, indem wir durch Schmelzen mit Natronsalpeter selensaures Natron darstellten, und die Selensäure aus der sehr verdünnten Lösung als selensauren Baryt ausfällten (wobei sehr viel davon verloren ging). Der Niederschlag wurde nach langem Auswaschen mit reiner koncentrirter Salzsäure gekocht, aus der Lösung das Selen durch schweflige Säure gefällt und daraus auf die oben erwähnte Weise wieder reine sublimirte selenige Säure bereitet.

Wir haben hier das Verfahren, wodurch es uns endlich gelungen, ein vollkommen reines Selenpräparat darzustellen, nur in seinen Umrissen angedeutet, in der Wirklichkeit war es viel komplicirter. Beinahe jede der vorher erwähnten Operationen ist doppelt oder mehrfach wiederholt worden, so z. B. ist jede Quantität der selenigen Säure, ehe sie zu den Atomgewichtsbestimmungen verwendet wurde, zwanzig bis dreissigmal sublimirt und wieder in Wasser gelöst worden. Erst nach vielen Versuchen gelang es nämlich, ein Produkt zu erhalten, das wasserfrei, grobkristallinisch und vollkommen weiss und frei von jeder Spur ausgeschiedenen Selens war, denn ungeachtet aller Vorsicht bewirken kleine Schwankungen des Luftdruckes oder der Hitze beim Sublimiren leicht partielle Dissociation der selenigen Säure, wodurch das Sublimat von kleinen Mengen reducirten Selens röthlich gefärbt wird.

Schliesslich erlauben wir uns, die Aufmerksamkeit auf einen sehr wichtigen Gegenstand zu lenken.

---

[1]) So z. B. Beim Filtriren der Lösung des rohen Selencyankaliums. Auch der Rückstand nach der ersten Sublimation der rohen selenigen Säure wurde untersucht. In der Lösung desselben war nichts vorhanden, was durch schweflige Säure ausgefällt werden konnte.

Digitized by Google

Die sublimirte selenige Säure, die wir zu Atomgewichtsbestimmungen angewandt haben, war nicht nur in dem Sinne rein, dass sie keine anderen Substanzen als Selen und Sauerstoff enthielt, sondern sie enthielt auch keine anderen Oxidationsstufen des Selens.

FISCHER und SACC behaupten, dass die sublimirte selenige Säure immer Selensäure enthalte.

Wir haben uns alle Mühe gegeben, die Richtigket ihrer Angabe aufs genaueste zu prüfen, denn wenn es wirklich wahr wäre, dass das Präparat, wovon wir bei sämtlichen Atomgewichtsbestimmungen ausgegangen sind, die reine sublimirte selenige Säure, Selensäure enthalte, so würde dadurch die Richtigkeit derjenigen von unseren Bestimmungen, die auf die Analyse der selenigen Säure und des selenigsauren Silberoxyds beruhen, in Frage gesetzt werden.

Die folgenden Versuche mögen entscheiden.

I) 15 Gram sublimirte selenige Säure wurden in 76 Kubikcentimeter Wasser gelöst. In dieser Lösung entstand durch salpetersauren Baryt auch nach 60 Stunden keine Spur eines Niederschlages.

1,2900 Gram krystallisirter selensaurer Kalk wurden in 100 Kubikcentimeter Wasser gelöst. Von dieser Flüssigkeit wurden 2 Kubikcentimeter zu der Lösung der selenigen Säure gesetzt. Schon nach anderthalb Stunden hatte sich die Flüssigkeit getrübt, und nach 12 Stunden hatte sich ein nicht unbedeutender Niederschlag abgesetzt.

Wenn also 2 Kubikcentimeter der Selengypslösung, entsprechend 0,015 Gr. Selensäureanhydrid SeO_3, eine entschiedene Reaktion hervorrufen konnte, so schliessen wir daraus, dass, wenn wirklich Selensäure in den 15 Gr. der selenigen Säure vorhanden gewesen, die Menge derselben doch wenigstens nicht 0,015 Gr. überschreiten konnte.

Bei der in dem Folgenden zuerst angeführten Analyse der selenigen Säure wurden 11,1760 Gr. derselben abgewogen. Angenommen dieselbe enthielte 0,015 Gr. SeO_3 anstatt SeO_2, würde dadurch das berechnete Atomgewicht des Selens 79,14 statt 79,10 werden.

II) Wenn man eine Lösung von seleniger Saüre in Wasser mit salpetersaurem Baryt versetzt, und dann mit Ammon neutralisirt und nachher Essigsäure im Überschuss zusetzt; so löst sich der zuerst gebildete Niederschlag nicht vollkommen, wenn man mit einigermassen koncentrirten Flüssigkeiten arbeitet, es bleibt eine Trübung, und diese vermehrt sich noch beim Stehen und kann vielleicht mit selensauren Baryt verwechselt [1]) werden.

[1]) FISCHER und SACC gründen ihre Angabe auf einen ganz ähnlichen Versuch.

Digitized by Google

Dass es aber nicht so ist, sieht man sogleich ein, wenn man die Flüssigkeit entfernt und das Gefäss mit kaltem Wasser füllt; der Niederschlag, der sich an den Wänden abgesetzt hat, löst sich dann leicht. Ein Niederschlag von selensauren Baryt wird dagegen nicht gelöst, denn obschon der selensaure Baryt aus verdünnten Lösungen erst nach einiger Zeit ausfällt, ist er doch, einmal ausgefällt, sehr unlöslich.

Einen ganz strengen Beweis zu liefern, dass nicht die geringste Spur von Selensäure der sublimirten selenigen Säure anhaftet, ist nicht möglich, weil die Reaktionen der Selensäure nicht genügend scharf sind; soweit aber diese Reaktionen hinreichen, dürfen wir behaupten, dass die von uns angewandte selenige Säure rein war. Und wenn auch eine unentdeckbare Spur von Selensäure drin sein sollte, kann der mögliche Fehler keinen wesentlichen Einfluss auf die von uns festgestellte Zahl ausüben. Wenn die Behauptung von Fischer und Sacc schwierig zu widerlegen ist, so ist sie gewiss noch schwieriger zu beweisen.

Übrigens spricht alle Wahrscheinlichkeit dagegen, dass sich bei der Sublimation Selensäure bilden sollte.

III) Fischer und Sacc geben zu, dass die durch Abdampfen erhaltene selenige Säure davon rein ist, wenn sich also in dem sublimirten Produkt SeO_3 befindet, so kann dies nicht anders erklärt werden, als dadurch, dass die selenige Säure bei der Sublimation Sauerstoff aus der Luft aufgenommen hat.

Wir haben gefunden: dass, wenn Chlor über trocknes selenigsaures [1]) oder selensaures Silberoxyd geleitet wird, sich dabei kein Selensäureanhydrid bildet, es sublimirt nur selenige Säure, Chlor und Sauerstoff gehen fort. Wenn unter diesen Umständen keine Bildung von SeO_3 eintreten kann, ist es unwahrscheinlich, dass sie bei der blossen Sublimation der selenigen Säure an der Luft entsteht.

§ 2.

Reines *Silber* haben wir durch Ausfällen mit schwefligsauren Ammon aus kupferhaltiger ammoniakalischer Lösung genau nach der Angabe von Stas dargestellt. Der ausgewaschene krystallinische Niederschlag wurde nach seiner Vorschrift mit Ammonflüssigkeit digerirt, welche

[1]) Wohl zu bemerken: trocknes selenigsaures Silberoxyd. Bei Anwesenheit von Wasser bildet sich Selensäurehydrat so reichlich, dass man diesen Weg zur Darstellung von Selensäure benutzen könnte.

Digitized by Google

dabei sehr schwach bläulich gefärbt wurde. Das Silber enthielt also eine Spur von Kupfer. Wenn das Silber noch einmal ausgewaschen und mit koncentrirter Ammonflüssigkeit übergossen wurde, zeigte sich auch nach mehreren Tagen keine Färbung [1]). Das Silber wurde in reiner Salpetersäure gelöst und das salpetersaure Silber geschmolzen und in Wasser gelöst. Aus dieser Lösung wurde nachher selenigsaures und selensaures Silberoxyd durch Zusatz von seleniger Säure oder Selensäure ausgefällt.

Die *Selensäure* wurde nach der von THOMSON erfundenen Methode aus selenigsauren Silberoxyd und Brom bereitet. Das Brom war vorher mehrmals umdestillirt worden. Wir bemerken: dass die Selensäure, nach dieser Methode dargestellt, stets etwas Silber enthält, was doch für unseren Zweck nicht schädlich war.

Reines *Thonerdehydrat* haben wir aus eisenfreien Kalialaun folgendermassen dargestellt. Aus der Lösung desselben wurde mit Chlorbarium die Schwefelsäure [2]) entfernt und danach Thonerdehydrat mit Ammon ausgefällt und sorgfällig ausgewaschen. Das Hydrat wurde nachher in Salzsäure gelöst und nochmals mit Ammon ausgefällt und gewaschen. Nachdem wir diese Operation zum dritten Mal ausgeführt hatten, war das Thonerdehydrat frei von jeder Spur von Kali.

Die reinste käufliche schwefelsaure Magnesia [3]) wurde 4—5 Mal umkrystallisirt. Aus der Lösung derselben setzte sich nach Zusatz von kohlensauren Ammon krystallinische kohlensaure Ammonmagnesia ab. Diese gab nach Glühen reine *Magnesia.*

Reine selenige Säure wurde in Alkohol gelöst und Ammoniakgas eingeleitet, wobei selenigsaures Ammon als weisses krystallinisches Pulver ausfiel. Dieses Salz wurde ausgepresst und in Wasser gelöst. Durch Vermischen dieser Lösung mit einer Lösung von der reinen Magnesia in Salpetersäure wurde reine *selenigsaure Magnesia* erhalten.

Schliesslich mag noch bemerkt werden, dass die Wägungen mit einer Wage angestellt wurden, die sich noch für Belastungen von $^1/_{10}$ Milligram empfindlich zeigte.

---

[1]) Wenn eine Spur von Kupfer dem salpetersauren Silberoxyd beigemischt wäre, musste es, als nachher das Silber durch selenige Säure oder Selensäure ausgefällt wurde, sicher entfernt werden.

[2]) Die letzte Spur von Schwefelsäure lässt sich aus der Alaunlösung nicht durch Ausfällen mit Ammon entfernen, wenn man die Operation auch mehrfach wiederholt.

[3]) von MERCK in Darmstadt.

Digitized by Google

Das destillirte Wasser bereiteten wir uns aus dem reinsten Quellwasser, das vorsichtig in Glasretorten destillirt wurde. Proben davon verdunsteten ohne irgend einen Rückstand zu liefern.

Die Salzsäure und Salpetersäure bereiteten wir aus den reinsten Präparaten des Laboratoriums durch Umdestilliren in Glasretorten und

Die Schwefelsäure durch Destillation in Platingefässen.

§ 3.

Durch Analyse der folgenden Selenverbindungen haben wir das Atomgewicht des Elements zu bestimmen versucht.

$CaO_2SeO_2 + 2H_2O$
$MgO_2SeO + 6H_2O$
$(NH_4)_2O_2SeO_2 + Al_2O_6(SeO_2)_3 + 24H_2O$
$Ag_2O_2SeO_2$
Ag_2O_2SeO
SeO_2

Alle diese Verbindungen lassen sich vollkommen rein darstellen und nach einfachen Methoden analysiren. Oft haben wir dieselbe Verbindung nach mehreren verschiedenen Methoden analysirt. In den meisten Fällen sind unsere Bemühungen, mit diesen Substanzen eine vollkommen scharfe Analyse auszuführen, aus verschiedenen Gründen gescheitert, die im Folgenden, bei der Beschreibung der einzelnen Methoden, erörtert werden sollen. Allerdings kann man durch die Analyse einer jeden dieser Verbindungen Zahlen erhalten, die eine gute Übereinstimmung zeigen und einen annähernden Ausdruck für das wahre Atomgewicht gewähren. So z. B. fallen sämmtliche von unseren Atomgewichtsbestimmungen (zusammen mehr als 80) zwischen den Zahlen 78,92 und 79,64 und als Mittelzahl aus allen würde sich fast genau 79,0 ... berechnen lassen. Aber zwischen denselben Gränzen schwanken auch die vorher veröffentlichten Atomgewichtsbestimmungen von Berzelius, Sacc, Erdmann und Marchand; und wir würden unseren Zweck nicht erreicht haben: *das Atomgewicht des Selens durch Experimente entscheidend festzustellen.*

Jetzt nachdem unsere ganze Untersuchung (eine Arbeit von Jahren) beendet ist, können wir nur 5 Analysen nach einer einzigen Methode (Reduktion der selenigen Säure) als tadellos und vollkommen zuverlässig anführen; die übrigen müssen wir von der Berechnung des Atomgewichts ausschliessen, weil es uns, trots aller Sorgfalt, nicht ge-

Digitized by Google

lingen wollte, die Analyse vollkommen scharf auszuführen. Eingedenk unserer eigenen vergeblichen Versuchen und der Unmasse von analytischen Methoden, die von unseren Vorgängern (z. B. von SACC) zu demselben Zweck erfunden und angewandt worden sind, können wir getrost behaupten, dass nur sehr wenige Selenverbindungen sich zu einer genauen Analyse eignen. Neben der eigentlichen Reaktion gehen nämlich andere Umsetzungen vor, die von Massenwirkung oder Dissociation herrühren und einen, allerdings sehr geringen aber doch für die Genauigkeit der Resultate verhängnissvollen, Einfluss ausüben.

Bei der Berechnung der Analysen sind wir von den folgenden Zahlen ausgegangen.

H = 1	Ca = 20
N = 14	Mg = 12
O = 16	Al = 27,50
Ag = 107,93	Cl = 35,46

§ 4.

ANALYSE DES SELENSAUREN KALKS.

Reine verdünnte Selensäure wurde mit einem Überschuss von fein zerriebenen Kalkspat [1]) in einer Platinschale anhaltend gekocht. Nachher wurde kaltes Wasser aufgegossen, worin der gebildete selensaure Kalk sich löste. Die Lösung wurde filtrirt und bei gelinder Hitze eingedampft, wobei das Salz in schönen prismatischen Krystallen anschoss. Es wurde ausgepresst [2]) und noch zweimal in derselben Weise umkrystallisirt und das zuletzt erhaltene Präparat (eine Quantität von ungefähr 90 Grammen) zu den Atomgewichtsbestimmungen angewandt. Das umkrystallisirte und ausgepresste Salz ist nicht hygroskopisch, verliert kein Wasser, weder beim Liegen an der Luft noch über Schwefelsäure, und entspricht genau der Formel:

$$CaSeO_4 + 2H_2O.$$

---

[1]) Dazu wurden Stücken von isländischem Kalkspat genommen, die vollkommen rein und durchsichtig waren.

[2]) Das Auspressen geschah immer zwischen feinem Analysirpapier, das vorher durch starkes Pressen zwischen Buchdruckerwalzen geglättet war. Solches Papier giebt beim Auspressen gar keine Fasern ab, was sich deutlich zeigt, wenn das Salz nachher wieder im Wasser gelöst wird.

Digitized by Google

Wir haben diese Verbindung nach 4 verschiedenen Methoden zu analysiren versucht.

A. *Der selensaure Kalk verliert bei ungefähr 300° sein Wasser.*

B. *Wasserfreier selensaurer Kalk geht beim Rothglühen unter Verlust von Sauerstoff in selenigsauren Kalk über.*

$$2CaSeO_4 = 2CaSeO_3 + 2O.$$

Diese Methode erfordert folgende Vorsichtsmassregeln:

1) Die Substanz muss während des Erhitzens vor reducirenden Gasen geschützt sein.

2) Die Hitze muss nicht allzusehr gesteigert werden, weil in dem Fall der selenigsaure Kalk zum Theil dissociirt, und selenige Säure ausgetrieben wird.

Wenn diese Bedingungen eingehalten werden, erfolgt die Reaktion genau nach der angegebenen Formel.

Unsere Bestimmungen wurden so ausgeführt; dass der Tiegel mit der eingewogenen Substanz nicht unmittelbar in der Flamme erhitzt, sondern eingeschlossen in einem grösseren Tiegel, in dessen Mitte er durch ein Gestell von Platindrähten schwebend erhalten wurde, ohne die Wände oder den Boden desselben zu berühren Auf diese Weise gelang es, den Inhalt unberührt von dem reducirenden Einfluss der Verbrennungsprodukte zu erhalten.

Um die zweite Bedingung zu erfüllen, genügte es, die Hitze sehr allmählich zu steigern, bis der äussere Tiegel rothglühend wurde. Die ganze Operation, um den wasserfreien selensauren Kalk in selenigsauren überzuführen, dauerte gewöhnlich 6—8 Stunden.

Um das Wasser aus dem selensauren Kalk auszutreiben, brauchte der Tiegel nur 5—6 Stunden einer Hitze von 270°—310° ausgesetzt zu werden.

Bei jeder Analyse haben wir zuerst den Tiegel gewogen, nachdem das Wasser sicher aus dem Salz entfernt war, dann vorsichtig weiter bis zum Glühen erhitzt und den Verlust an Sauerstoff durch erneuertes Wägen bestimmt. Aus beiden Bestimmungen haben wir das Atomgewicht des selensauren Kalks besonders berechnet, auf Grundlage der gekannten Atomgewichte des Wassers und des Sauerstoffs, und zwar hofften wir durch die Übereinstimmung der beiden Bestimmungen das Resultat sehr überzeugend zu machen.

Digitized by Google

Leider sind unsere Berechnungen durch einen Umstand vereitelt, von dem wir im voraus keine Ahnung hatten.

Wasserfreier selensaurer sowohl als selenigsaurer Kalk sind nämlich äusserst hygroskopische Substanzen, so hygroskopisch, dass in der That ihr Gewicht unmöglich genau zu bestimmen ist. Bei dem Wägen ändert sich das Gewicht in wenigen Augenblicken um mehrere Milligrammen, ja, als wir einmal eine gewogene Quantität von ungefähr 6 Grammen wasserfreien selenigsauren Kalk einige Stunden im bedeckten Tiegel in der Wage stehen liessen, hatte das Gewicht um beinahe 0,05 Gram zugenommen.

Sämmtliche nach diesen beiden Methoden erhaltene Resultate sind also natürlich zu hoch (etwa 79,6..) ausgefallen [1]).

C. *Aus dem selenigsauren Kalk versuchten wir, die selenige Säure durch Abdampfen mit Schwefelsäure auszutreiben.*

SACC hat in ähnlicher Weise das Atomgewicht des Selens bestimmt durch Austreiben der selenigen Säure aus selenigsauren Baryt mittelst Schwefelsäure. Er versichert, dass in dem Rückstand kein Selen zu entdecken war. Als wir in derselben Weise mit dem selenigsauren Kalk operirten, d. i. die selenige Säure direkt durch wiederholtes Abdampfen mit Schwefelsäure zu entfernen suchten, enthielt der Rückstand immer beträchtliche Quantitäten von Selen.

Wir versuchten dann den Ausweg, den selenigsauren Kalk, so wie er sich nach dem Glühen in dem Tiegel befand, zuerst in Salpetersäure zu lösen, was ohne Schwierigkeit gelang. Danach wurde ein Überschuss von reiner Schwefelsäure zugesetzt und sehr vorsichtig abgedampft und geglüht. Der schwefelsaure Kalk enthielt jedoch stets Selen (allerdings nur Spuren davon), was sich deutlich zeigte, als der Rückstand in dem Tiegel nach der Wägung mit kohlensauren Natron gekocht, und die Lösung mit Salzsäure und schwefliger Säure erwärmt wurde.

---

[1]) Bei einem Versuch wurden 5,4576 Gr. $CaSeO_4 + 2H_2O$ eingewogen

Der Tiegel + Substanz wog	32,3393 Gr.
» » » » 4 Stunden lang bei 300° erhitzt	31,4480 »
» » » » noch 2 » » » » »	31,4510 »
und wenn der Tiegel einige Stunden lang in der Wage gestanden	31,4982 »
Nochmals 3 Stunden bei 300° erhitzt	31,4460 »
» $1^1/_2$ » » » »	31,4465 »

u. s. w.

Digitized by Google

Nach 5 oder 6 vergeblichen Versuchen waren wir gezwungen, auch diese Methode zu verlassen. *Die selenige Säure lässt sich nicht bis zum letzten Atom durch Abdampfen mit Schwefelsäure entfernen.*

D. *Wir versuchten dann, die selenige Säure aus dem selenigsauren Kalk durch Schmelzen mit abgewogenen Mengen von Borsäure oder Borax zu entfernen.*

Dabei geht wirklich die selenige Säure vollständig weg, aber dies geschieht erst bei so hoher Temperatur, dass die Borsäure oder der Borax an Gewicht verliert.

Wir haben uns davon dadurch überzeugt, dass wir abgewogene Mengen von geschmolzener Borsäure oder Borax im bedeckten Tiegel derselben Hitze aussetzten. Der Tiegel nahm stets an Gewicht ab und zwar nicht unbedeutend.

Mit besonderer Vorliebe hatten wir den selensauren Kalk als Ausgangspunkt für die Atomgewichtsbestimmungen gewählt, denn er bietet wirklich als solcher viele Vortheile dar.

Erstens erinnern wir daran, dass er schön krystallisirt und vollkommen rein zu erhalten ist, zweitens ist das Atomgewicht des Calciums sehr scharf bestimmt worden und das Atomgewicht des selensauren Kalks ziemlich niedrig, was bei der Berechnung des Atomgewichts des Selens von grosser Bedeutung ist, weil dadurch die Operationsfehler auf das Resultat einen geringeren Einfluss erhalten.

Schliesslich bemerken wir, dass die Analyse desselben ungemein einfach ist, und dass jede Bestimmung nur auf zwei Wägungen beruht.

§ 5.

ANALYSE DES AMMONIAK-SELENSÄURE-THONERDE-ALAUNS.

Thonerdehydrat wurde in Selensäurehydrat gelöst und der Überschuss der Säure mit Ammon neutralisirt. Der Alaun krystallisirt sehr schön und wird leicht durch Umkrystallisiren rein erhalten. Zu den Atomgewichtsbestimmungen wurden jedesmal 8 bis 10 Gram von dem mehrmals umkrystallisirten und ausgepressten Salz eingewogen. Die Analyse bestand nur darin, durch sehr vorsichtiges Erwärmen das Wasser auszutreiben und darauf durch Glühen das Ammonsalz und alle Selen-

Digitized by Google

säure zu entfernen und schliesslich die zurück bleibende Thonerde zu wägen. Die Thonerde resultirt aber dabei in einem sehr lockeren Zustand, und erfüllt, wenn das Erhitzen mit genügender Vorsicht geleitet war, ganz denselben Raum, wie die urspüngliche Substanz. In diesem Zustand ist sie ungemein hygroskopisch und kann nicht mit gehöriger Schärfe gewogen werden. Und doch hängt von der Genauigkeit der Thonerdebestimmung ganz und gar das Gelingen der Methode ab; denn da das Atomgewicht des Alauns sehr gross ist, wirkt auch der kleinste Fehler bei der Wägung auf das Resultat bedeutend ein [1]).

§ 6.

ANALYSE DER SELENIGSAUREN MAGNESIA.

Die krystallisirte selenigsaure Magnesia enthält 6 Atome Wasser [2]) Allerdings kann bei einer Temperatur von 150° alles Wasser ausgetrieben werden, aber wir haben doch vorgezogen, bei unseren Bestimmungen von dem krystallisirten Salz auszugehen, denn die wasserfreie selenigsaure Magnesia ist in hohem Grade hygroskopisch und lässt sich nicht genau wägen. Die Analyse bestand nur aus dem Glühen der Substanz, um das Wasser und die selenige Säure zu entfernen und die Magnesia rein zu erhalten.

Wir fanden, dass die Magnesia auch nach sehr starkem Glühen noch Selen enthält, und dass dazu bei dieser Operation der Platintiegel dadurch sehr angegriffen wird, dass die bei hoher Temperatur entweichende selenige Säure in Selen und Sauerstoff dissociirt wird.

---

[1]) Um dieses Verhältniss anschaulich zu machen, wollen wir die Zahlen, die wir bei einen von unseren Bestimmungen erhielten, hier anführen. Bei dieser Analyse wurden 8,7861 Gr. Alaun eingewogen.

Der Tiegel + der eingewogen Substanz wog	34,5102
Nach dem Glühen war sein Gewicht	26,5505
Nochmals $^1/_2$ Stunde der Weissgluth ausgesetzt . . .	26,5511
» $^1/_2$ » » » » . . .	26,5485
» $^1/_2$ » » » » . . .	26,5494
» $^1/_4$ » » » » . . .	26,5483
Der Tiegel wog	25,7237

8,7861 Gr. Alaun enthalten nach der letzten Wägung 0,8246 Al_2O_3. Daraus berechnet sich das Atomgewicht des Alauns zu 548,73 und des Selens = 79,6 .. Eine Unsicherheit über 2 Milligram bei der Thonerdebestimmung würde das Atomgewicht des Alauns 1,32 höher oder niedriger ausfallen lassen nach der Formel: $dx = -\frac{8,7861 \cdot 51,5 \cdot 0,002}{(0.8246)2}$.

[2]) NILSSON: Researches on the salts of Selenious Acid.

Digitized by Google

§ 7.

ANALYSE DES SELENIGSAUREN UND SELENSAUREN SILBEROXYDS.

Da wir diese beiden Salze in vollkommen analoger Weise dargestellt und analysirt haben, können wir uns auf die Beschreibung unseres Verfahrens mit dem selenigsauren Silberoxyd beschränken.

Zu einer Lösung von reinem salpetersauren Silberoxyd in Wasser wurde selenige Säure gesetzt, bis alles Silber ausgefällt war. Der weisse krystallinische Niederschlag wurde durch Dekantiren ausgewaschen, bis in dem Waschwasser keine Spur von Salpetersäure, auch mit den kräftigsten Reagentien (Brucin und konc. Schwefelsäure), zu entdecken war. Dann wurde er auf ein Asbestfilter gebracht, das aus einem sehr weiten Glasrohr bestand, das am Ende ausgezogen und mit einem kleinen Asbestpropfen versehen war. Nachdem ein Theil des Wassers abgetropft hatte, wurde die Röhre auch an dem anderen Ende ausgezogen und mittelst eines Aspirators trockne und durch Baumwolle filtrirte Luft dadurch gesogen, während das Filter mit Sand von 60°—90° Wärme umgeben wurde. Es ist unumgänglich nothwendig, dass bei der ganzen Bereitung alle Spuren von organischen Substanzen ausgeschlossen werden. In gewöhnlicher Weise an der Luft getrocknet, wird das selenigsaure Silberoxyd unvermeidlich gelb oder bräunlich, und das selensaure Silberoxyd ist in dieser Hinsicht noch empfindlicher.

Durch die erwähnten Vorsichtsmassregeln, bei dem Auswaschen reines, umdestillirtes Wasser und bei dem Trocknen filtrirte Luft anzuwenden, gelang es uns, das selenigsaure Silberoxyd als ein vollkommen weisses, und das selensaure Silberoxyd als ein weissgraues krystallinisches Pulver zu erhalten. Vor dem Licht wurden die Substanzen dadurch geschützt, dass das Gefäss, worin sie ausgewaschen wurden, mit schwarzem Papier umgegeben war. Überdiess wird das selenigsaure Silberoxyd von dem Licht nicht geschwärzt, wenn nicht organische Substanzen vorhanden sind.

A. *Reduktion mit Wasserstoff.*

Aus beiden Salzen wird Selensilber und Wasser gebildet:

$$Ag_2O_2SeO_2 + 8H = Ag_2Se + 4H_2O$$

und

$$Ag_2O_2SeO + 6H = Ag_2Se + 3H_2O$$

Digitized by Google

Die Reaktion geht in beiden Fällen auf einerlei Weise vor sich. Bei 70°—90° fängt die Einwirkung des Wasserstoffs an. Dabei entsteht eine bedeutende Wärmeentwicklung, die für das Gelingen der Operation sehr verhängnissvoll sein kann, wenn nicht das Erhitzen während der ganzen Reduktion äusserst vorsichtig geleitet wird. Es wird nämlich dadurch das Silbersalz leicht zersetzt, wobei etwas selenige Säure frei wird. Auf diese wirkt der Wasserstoff nicht, oder wenigstens sehr unvollständig ein. Ausgangs des Versuches geht die Reduktion sehr langsam, und um die letzten Spuren des Silbersalzes in Selensilber umzuwandeln, muss die Temperatur beträchtlich (bis zu 300° und noch mehr) erhöht werden. Dabei läuft man aber Gefahr, dass auch Spuren von Selen aus dem Selensilber als Selenwasserstoff entweichen.

Vollständig lässt sich aber das Selensilber durch Wasserstoff gar nicht reduciren, auch nicht bei sehr hoher Temperatur.

Die Substanz, 8—11 Gram, wurde in einem mit eingeschliffenem Stöpsel versehenen Rohr abgewogen, das an dem anderen Ende ausgezogen war. Bei dem Wägen wurde es mit einem Platindraht an den Wagbalken aufgehängt. Nachher wurde es in ein weites Glasrohr eingeschoben, das auch am Ende ausgezogen war in der Weise, dass die Spitze des inneren Rohrs genau in dem verjüngten Theil des Äusseren passte, wodurch der Wasserstoff durch das innere Rohr und über die darin enthaltene Substanz passiren musste. Hinten war die äussere Röhre mit einem Kautschukstöpsel verschlossen, worin ein Thermometer eingepasst war.

Das ganze System von Röhren wurde schliesslich in eine weite gusseiserne Röhre eingeschoben und durch ein Stativ mit Klemmschrauben in der Mitte derselben gehalten, so dass es die Wände nicht berührte. Als nachher das Eisenrohr erhitzt wurde, konnte der Verlauf der Reduktion sehr gut geregelt, und die Temperatur der Substanz mit Hülfe des Thermometers vollkommen gleichmässig erhalten werden, da sie ihre Wärme nicht unmittelbar von dem Feuer sondern von der Wärmestrahlung der eisernen Röhre erhielt.

Ehe das Wasserstoff eingeleitet wurde, haben wir uns immer zuerst von der Trockenheit des selensauren und selenigsauren Silberoxyds überzeugt in der Weise, dass wir einen Strom von trockner und filtrirter Luft mehrere Stunden lang durch den Apparat leiteten und dabei die eingewogene Substanz, auf 102°—105° hielten. Dabei zeigte sich das Gewicht der Substanz fast immer konstant, auch wenn sie längere Zeit

Digitized by Google

aufbewahrt war, *denn selensaures und selenigsaures Silberoxyd sind nicht hygroskopisch.*

Das Wasserstoffgas wurde aus destillirter Schwefelsäure und reinem Zink entwickelt unter Zusatz von einigen Tropfen Platinklorid und musste vor dem Eintritt in den Reduktionsapparat ein komplicirtes System von mit Glasperlen gefüllten Röhren durchstreichen, die folgende Lösungen enthielten: 1) salpetersaures Silberoxyd 2) Quecksilberchlorid 3) Schwefelsäure. Die letzten Röhren enthielten trocknes Kalihydrat, Chlorkalcium und Baumwolle.

Da wir mit dem so konstruirten Reduktionsapparat im Stande waren, den Lauf der ganzen Operation beliebig zu reguliren, glaubten wir, dass die erwähnten Schwierigkeiten sich durch Vorsicht überwinden liessen. Wir haben die Dauer der Reduktion einmal sogar bis auf 67 Stunden erstreckt und in den ersten 24 Stunden die Hitze nie höher als 150° steigen lassen. Nie aber ist es gelungen, das selensaure oder selenigsaure Silberoxyd bis auf das letzte Atom in reines Selensilber zu überführen, immer ist der Versuch so ausgefallen, dass entweder etwas selenigsaures Silberoxyd unzersetzt blieb oder etwas Selensilber reducirt wurde.

Durch Reduktion mit Wasserstoff lässt sich das Atomgewicht des Selens nicht scharf bestimmen.

B. *Analyse durch Überführen des selenigsauren Silberoxyds in Chlorsilber.*

a. Durch Chlorwasserstoff.

Über trocknes selenigsaures Silberoxyd wurde trocknes Chlorwasserstoffgas geleitet. Die Reaktion verläuft nach der Formel:

$$Ag_2O_2SeO + 2HCl = 2AgCl + SeO_2 + H_2O$$

Die Operation wurde ganz wie bei dem vorigen Versuch ausgeführt, nur mit dem Unterschied, dass anstatt Wasserstoffs trocknes Salzsäuregas über die abgewogenen Mengen der Substanz geleitet wurde. Die Methode scheitert daran, dass das Chlorwasserstoff nicht auf die letzten Spuren des Silbersalzes einwirken kann, weil sie von dem Chlorsilber zu sehr eingehüllt sind. Auch wenn die Hitze so gesteigert wird, dass das Chlorsilber schmilzt, sind noch deutliche Spuren von Selen darin nachzuweisen.

Digitized by Google

β. Analyse durch Behandeln des selenigsauren Silberoxyds mit verdünnter Salzsäure.

Das selenigsaure Silberoxyd wurde in einem ziemlich grossen Porzellantiegel eingewogen und liess man es danach, mit verdünnter Salzsäure übergossen, mehrere Tage lang stehen, wobei der Inhalt mehrmals mit einem Glasstab umgerührt wurde, um die Einwirkung der Salzsäure auf das Silbersalz zu erleichtern. Nachdem das Chlorsilber sich klar abgesetzt hatte, wurde es in der Weise ausgewaschen, dass die klare Flüssigkeit mit einer kleinen Pipette weggenommen und durch ein kleines gewogenes Asbestfilter gegossen wurde. Zuletzt wurde der Tiegel mit dem Chlorsilber vor der Lampe erhitzt und das Asbestfilter in dem vorher erwähnten Apparat getrocknet. Als das Chlorsilber nachher in concentrirtem Ammon gelöst, und das Silber durch überschüssiger Salzsäure aus der Lösung ausgefällt wurde, zeigte dasselbe bei Zusats von schwefliger Säure eine sehr deutliche Selenreaktion.

Selenigsaures Silber lässt sich weder durch gasförmiges oder flüssiges Chlorwasserstoff vollkommen in Chlorsilber verwandeln, weil das schon gebildete Chlorsilber die letzten Spuren des selenigsauren Silberoxyds vor der Einwirkung des Chlorwasserstoffs schützt. Deshalb finden sich immer Spuren von Selen in dem gewogenen Chlorsilber, und das Gewicht desselben fällt zu hoch aus.

C. *Analyse durch Glühen des selenigsauren Silberoxyds.*

Selenigsaures Silberoxyd liefert beim Glühen reines Silber als eine schöne krystallinische Kruste zurück, indem selenige Säure und Sauerstoff weggehen. Die Dissociation der Verbindung geht bei vorsichtigem Erhitzen so ruhig vor sich, dass die selenige Säure von der Oberfläche des geschmolzenen selenigsauren Silberoxyds ganz allmählig verdampft, ohne Spritzen zu verursachen.

Zu diesen Versuchen mussten wir natürlich Porzellantiegel nehmen. Da wir bei diesen Analysen nicht beliebig grosse Quantitäten der Substanz anwenden konnten, sondern uns auf 5 bis 8 Gr. bei jedem Versuch beschränken müssten, wodurch es eine nothwendige Bedingung war, dass die Wägungsresultaten sehr genau ausfielen, und ferner der Porzellantiegel jedes Mal wenigstens 8—10 Stunden ohne Unterbrechung einer allmählig gesteigerten Hitze ausgesetzt wurde, drängt sich die Frage auf, ob das Gewicht des Tiegels nach wie vor dem Glühen voll-

Digitized by Google

kommen dasselbe ist, und ob überhaupt Porzellantiegel mit derselben Sicherheit, wie Platintiegel, gewogen werden können.

Bei unseren Bestimmungen wurden die Porzellantiegel mit den abgewogenen Mengen der Substanz immer vor dem Glühen in einem grossen Platintiegel eingesetzt. Ehe die Substanz eingewogen wurde, hatten wir immer den Porzellantiegel in demselben Apparat mehrere Stunden der stärksten Glühhitze ausgesetzt und uns davon überzeugt, dass er dadurch nicht an Gewicht verlor. Vor dem Wägen liessen wir den Tiegel 10 bis 15 Minuten in der Wage stehen, nach dieser Zeit blieb sein Gewicht vollkommen konstant.

Versuch.	Ag_2SeO_3.	Ag.	100 Theilen enthalten Ag.	Atomgewicht des Ag_2SeO_3.	Atomgewicht des Selens.
I.	5,2102 Gr.	3,2787 Gr.	62,93 %	343,04	79,18
II.*	5,9721 Gr.	3,7597 Gr.	62,95 %	342,88	79,02
III.	7,2744 Gr.	4,5803 Gr.	62,97 %	342,82	78,96
IV.	7,5390 Gr.	4,7450 Gr.	62,94 %	342,96	79,10
V.*	6,9250 Gr.	4,3612 Gr.	62,98 %	342,76	78,90
VI.*	7,3455 Gr.	4,6260 Gr.	62,98 %	342,76	78,90
VII.	6,9878 Gr.	4,3992 Gr.	62,95 %	342,88	79,02

Wir haben jedesmal das Silber dadurch geprüft, dass wir es in dem Tiegel mit koncentrirter Schwefelsäure erwärmten, die Lösung mit Wasser verdünnten und nach zusatzt von Salszäure schweflige Säure einleiteten.

Bei den Versuchen IV und VII zeigte sich das Silber vollkommen frei von Selen bei den Versuchen I, II, III, V, VI, entstand nach $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Stunden eine sehr geringe selenische Reaktion.

Das bei diesen Analysen erhaltene Silber hielt also noch Spuren von Selen zurück. Dies kann davon herrühren, dass die letzten Spuren seleniger Säure erst bei sehr hoher Temperatur entweichen. Bei dieser Hitze wird aber das Selenigsäureanhydrid in Sauerstoff und Selen dissociirt, und eine Spur von diesem kann sich mit dem Silber verbunden haben.

Über die Schärfe der Reaktion mit Salzsäure und schwefliger Säure auf Selen haben wir folgenden Versuch angestellt.

* Das selenigsaure Silber war aus der, Seite 3 erwähnten, selenigen Säure bereitet.

Digitized by Google

In 1000 Kubikcentimeter Wasser wurden 0,0978 Gr. SeO_2 gelöst 5 k.c. von dieser Lösung wurden mit Wasser verdünnt unter Zusatz von etwas Salzsäure, bis das Volum 75 Kubikcentimeter betrug. In dieser Lösung wurde schweflige Säure unter Erwärmen eingeleitet, und schon nach einer Viertelstunde entstand eine sehr deutliche röthliche Trübung von ausgeschiedenem Selen, das sich nach einer Stunde als ein feiner Niederschlag an die Wänden des Gefässes abgesetzt hatte. 2 Kubikcentimeter von der Lösung in derselben Weise behandelt gaben nur eine äusserst schwache Reaktion, die erst nach mehreren Stunden als eine schwache röthliche Färbung wahrgenommen werden konnte, als das Becherglas auf ein weisses Papier gestellt wurde.

Eine Menge von 0,00048 Gr. seleniger Säure sind also noch sehr gut in einer Lösung von 75 Kubikcentimeter zu entdecken, die Empfindlichkeit der Reaktion scheint erst bei einer Menge von 0,00018 Gr. SeO_2 in derselben Menge von Flüssigkeit aufzuhören.

Oder: *Mittelst Chlorwasserstoff und schwefliger Säure können Spuren von Selen in einer Flüssigkeit nachgewiesen werden, die nicht mehr als 0,00017 % davon enthält.*

Dass bei fünf von unseren Versuchen äusserst geringe Spuren von Selen in dem Silber gefunden worden sind, kann also die quantitative Genauigkeit der Analysen nicht beeinträchtigen, weil die selenische Reaktion so äusserst empfindlich ist.

Aus den Analysen des selenigsauren Silberoxyds berechnet sich das Atomgewicht des Selens:

$$Se = 79{,}01.$$

§ 8.

REDUKTION DER SELENIGEN SÄURE.

ROSE hat die Bedingungen für das Gelingen der Reduktion der selenigen Säure durch SO_2 festgestellt, und SACC hat zuerst diese Methode zu der Bestimmung des Atomgewichts von Selen benutzt. ROSE fand, dass ein Überschuss von Salzsäure eine unerlässliche Bedingung ist für die vollkommene Ausfällung des Selens. Rücksichtlich der Vollständigket dieser Reaktion und der Genauigkeit, womit Spuren von Selen mittelst Chlorwasserstoff und schwefliger Säure in einer Flüssigkeit nachzuweisen sind, können wir auf unsere eigene Versuche in dem vorigen Paragrafen hinweisen.

Digitized by Google

Wenn eine vollkommen genaue Selenbestimmung nach dieser Methode ausgeführt werden soll, müssen nach unseren Erfahrungen noch folgende Vorsichtsmassregeln angewandt werden.

a) Bei der Ausfällung des Selens durch SO_2 nach Zusatz von HCl muss die Lösung erwärmt werden. Dabei verflüchtigen sich aber mit den Salzsäuredämpfen Spuren von seleniger Säure. Deshalb muss bei sehr genauen Analysen die Ausfällung nicht in offenen Gefässen geschehen, sondern so, dass die entweichenden Dämpfe zurückgehalten werden.

b) Das Selen scheidet sich gewöhnlich in schweren Krusten ab, die sich niemals vollständig auswaschen und trocknen lassen, auch wenn das Selen bis nahe zum Schmelzen erhitzt wird. Das ausgefällte Selen muss deshalb vor dem Auswaschen gepulvert werden. Erst danach gelingt es, alle Spuren von Schwefelsäure und Salzsäure zu entfernen.

c) Das Selen kann in einem Strom von trockner Luft ohne Gefahr bis zu 90—100° erhitzt werden. Bei dieser Temperatur entweicht jedoch nicht alles Wasser. Wenn es fein zertheilt ist, verliert es die letzten Spuren von Wasser bei 130—140°, und wenn es *nicht fein zertheilt ist, erst beim Schmelzen.* Wenn Selen aber über 100° im Luftstrom erhitzt wird, oxydirt es sich zum Theil. Das Trocknen muss also über 100° im Kohlensäurestrom fortgesetzt werden. Darin kann wirklich das Selen bei sehr vorsichtigem Erhitzen bis zu seinem Schmelzpunkt ohne Gewichtsverlust erhitzt werden.

Wir bemerken aber ausdrücklich, dass diese Vorsichtsmassregeln nur nothwendig sind, wenn man absolut konstante Resultate erhalten will, bei gewöhnlichen Analysen, die nicht mehr als bis auf einige Zehntel von Prozenten zu stimmen brauchen, können sie gut ausgelassen werden.

Das zugeschmolzene Glasrohr, worin das sublimirte Selenigsäureanhydrid sich befand, wurde vor dem Wägen an beiden Enden geöffnet und nachher rasch gewogen. Bei diesem Verfahren konnte die selenige Säure kein Wasser aufnehmen, da das Röhrchen nur durch zwei kleine Öffnungen mit der ässeren Luft kommunicirte. Danach wurde mit kaltem Wasser die selenige Säure aus dem Rohr in ein Becherglas gespült, und das Glasrohr nach dem Abspülen in dem schon beschriebenen Trockenapparat [1]) getrocknet und wieder gewogen. Bei dem Wägen von Röhren, Asbestfilter und dergleichen von Glas wurde immer das Gewicht des Gegenstandes an der anderen Schale durch ein annähernd gleich grosses Rohr von demselben Glas kompensirt.

---

[1]) Siehe Seite 14.

Digitized by Google

Das Becherglas mit der Lösung der selenigen Säure wurde mit dem oberen Theil einer abgesprengten Flasche bedeckt, die durch Kautschukligatur luftdicht damit verbunden war. Der Apparat war mit einem doppelt gebohrten Propfen verschlossen, wodurch die schweflige Säure eingeleitet und die entweichenden Dämpfe in einen kleinen Kolben mit kaltem Wasser geleitet wurden.

Als alles Selen ausgefällt war, wurde es aus dem Becherglas in eine Porzellanschale gebracht und mit einem Agatstempel zerrieben und nachher auf einem gewogenen Asbestfilter gespült und ausgewaschen. In das Filtrat wurde unter neuem Zusatz von Salzsäure schweflige Säure eingeleitet. In einigen Fällen setzte sich nach einigen Tagen eine sehr geringe Spur von Selen an dem Boden des Gefässes ab, dies wurde dann, nachdem die überstehende Flüssigkeit durch Dekantiren entfernt war, auch auf das Asbestfilter gebracht.

Das Filter mit dem Selen wurde in dem Trockenapparat eingelegt und im Luftstrom bei 90° getrocknet, nachher wurde Kohlensäure durchgeleitet und die Temperatur allmählig bis 140°—160° erhöht. Nach dem Erkalten wurde wieder Luft durch den Apparat gesogen und danach das Filter gewogen. Wir haben jedesmal nach dem Wägen das Selen in demselben Apparat im Kohlensäurestrom vollständig geschmolzen, und uns überzeugt, dass es dabei nicht mehr als 1 bis 2 Milligrammen verlor, was bei den Quantitäten, womit wir bei diesen Versuchen arbeiteten, keinen merkbaren Einfluss auf die Resultate ausüben kann.

Dieser Verlust rührt davon her, dass beim Schmelzen ein wenig Selen sich verflüchtigt, denn es setzte sich dabei ein rother Anflug in dem Rohr ab.

Versuch.	Eingewogene Menge von SeO_2.	Gewicht des Selens.	100 Theilen SeO_2 enthalten Se.	Berechnetes Atomgewicht von SeO_2.	Atomgewicht des Selens.
I.*	11,1760 Gr.	7,9573 Gr.	71,199 %	111,10	79,10
II.	11,2453 Gr.	8,0053 Gr.	71,185 %	111,06	79,06
III.	24,4729 Gr.	17,4232 Gr.	71,193 %	111,08	79,08
VI.	20,8444 Gr.	14,8383 Gr.	71,187 %	111,06	79,06
V.	31,6913 Gr.	22,5600 Gr.	71,191 %	111,08	79,08

Als Mittelzahl aus diesen Versuchen berechnet sich das Atomgewicht des Selens:

$$Se = 79{,}08.$$

* Die selenige Säure war auf die Seite 3 erwähnte Weise bereitet.

Digitized by Google

§ 9.

ANMERKUNGEN.

Bei einer Jeden dieser Bestimmungen, wurde das Atomgewicht der ganzen analysirten Verbindung ausgerechnet, und daraus das Atomgewicht des Selens abgeleitet. Deshalb hängt die Genauigkeit des Letzteren von dem Vorigen ab. Verbindungen von sehr grossem Atomgewicht sind natürlich sehr schwierig genau zu bestimmen, weil die Operationsfehler, die einer jeden Analyse anhaften, bei der Berechnung um so grösseren Einfluss auf das berechnete Atomgewicht ausüben, je grösser dasselbe ist.

Es erscheint also nothwendig, die Frage aufzuwerfen, wie grossen Einfluss die Operationsfehler auf die vorher erwähnten Resultate ausgeübt haben können.

Bei den Analysen des selenigsauren Silberoxyds haben wir das Atomgewicht desselben (ungefähr 342,87) aus Analysen berechnet, die durchschnittlich mit Quantitäten von ungefähr 7 Gram ausgeführt waren. Die Operation bei dieser Analyse ist äusserst einfach, und wir brauchen deshalb kaum auf andere Operationsfehler als Wägungsfehler Rücksicht zu nehmen.

Bei der ganzen Analyse kommen nur zwei Wägungen vor. Einmal wird nämlich das selenigsaure Silberoxyd eingewogen und dann nach dem Glühen das Gewicht des zurückgebliebenen Silbers bestimmt. Wir wollen jetzt untersuchen, welchen Einfluss ein Fehler von 0,001 Gr. bei diesen Wägungen auf das berechnete Atomgewicht des Selens ausübt.

1) Bei der Einwägung der Substanz ($dy = 0{,}001$) Siehe S. 17 Versuch IV.

$$dx = \frac{215{,}86}{4{,}7450}\,dy\,;\; dx = 0{,}04.$$

Wenn also das Gewicht des selenigsauren Silberoxyds (7,5390 Gr.) um $\pm$ 0,001 Gr. unrichtig bestimmt wäre, so würde das Atomgewicht von Ag_2SeO_3 und also auch von Se um 0,04 grösser oder geringer ausfallen.

2) Bei der Wägung des Silbers (siehe denselben Versuch, y = das Gewicht des Silbers; $dy = 0{,}001$)

$$dx = -\frac{215{,}86 \,.\, 7{,}5390}{(4{,}7450)^2}\,dy\,;\; dx = -0{,}07$$

d. h. ein Wägungsfehler von $\pm$ 0,001 Gr. würde das Atomgewicht des Selens um $\mp$ 0,07 Einheiten ändern.

Wenn wir dieselbe Berechnung auf die Analyse der selenigen Säure (z. B. Versuch II Seite 20) anwenden

1) Bei der Gewichtsbestimmung der selenigen Säure ($= y$; $dy = 0{,}001$)

$$dx = \frac{32}{3{,}2400}\,dy\,;\; dx = 0{,}009$$

2) Bei der Selenbestimmung (y = das Gewicht des Sauerstoffs $dy = 0{,}001$)

$$dx = -\frac{32 \,.\, 11{,}2453}{(3{,}2400)^2}\,dy\,;\; dx = -0{,}034$$

Digitized by Google

d. h. ein Fehler von 1 Milligram würde in dem ersten Fall erst auf die dritte Decimalstelle des Atomgewichts einen Einfluss ausüben, und ein Fehler von $\pm$ 1 Milligram bei der Selenbestimmung würde das Atomgewicht nur um $\mp$ 0,03 ändern.

Bei den drei letzten Bestimmungen, wo wir mit Quantitäten von 24,20 und 31 Grammen gearbeitet haben, stellt sich die Rechnung noch günstiger, so z. B. würde derselbe Fehler bei der Selenbestimmung in dem letzten Versuch (V.) das Atomgewicht nur um 0,012 niedriger oder höher ausfallen lassen.

Wir haben unsere Resultate keiner Korrection auf den luftleeren Raum unterworfen, weil dies das Atomgewicht nur in der zweiten Decimalstelle (die an sich unsicher ist) abändern würde. So ist z. B. bei der erwähnten Analyse der selenigen Säure (II. Seite 20) das korrigirte Gewicht der selenigen Säure = 11,2493 statt 11,2453 Gr., und ebenso das Gewicht des Selens = 8,0075 statt 8,0053 Gr. Wenn aus diesen Gewichten das Atomgewicht des Selens ausgerechnet wird, so erhält man Se = 79,04 statt Se = 79,06.

Ebenso wird bei der Analyse des selenigsauren Silberoxyds (Versuch VI Seite 17) das korrigirte Atomgewicht Se = 78,92 statt 78,90.

Wir ziehen deshalb vor, unsere Resultate zu mittheilen so, wie sie erhalten sind, ohne irgend eine Korrection, weder bei den Operationen noch in der Rechnung.

Die Resultate der Analysen des selenigsauren Silberoxyds verdienen nicht dasselbe Vertrauen, wie die Analysen der selenigen Säure, aus dem Grund, dass wir bei den Ersteren mit geringeren Mengen von Substanz (etwa 5 bis 7 Gr.) ein dreifach grösseres Atomgewicht (das At.gewicht von Ag_2SeO_3) zu bestimmen hatten, als im letzten Fall, wo nur das Atomgewicht der selenigen Säure festgestellt werden sollte, und wir ohnedem mit beliebig grossen Quantitäten operiren konnten.

Allerdings zeigte sich bei mehreren Analysen des selenigsauren Silberoxyds das zurückgebliebene Silber von einer äusserst geringen Menge Selens verunreinigt, aber durch die Untersuchung über die ungeheure Schärfe der selenischen Reaktion konnten wir uns überzeugen, dass dieser Selengehalt des Silbers keinen merkbaren Einfluss auf das Gewicht desselben haben konnte.

Für die Atomgewichtsbestimmung des Selens wollen wir deshalb das Resultat der letzten 5 Analysen der selenigen Säure zu Grunde legen mit der Bemerkung, dass die erste Decimalstelle als sicher, die zweite als annähernd richtig, zu betrachten ist.

$$Se = 79{,}08.$$

Digitized by Google

ON THE GENERAL CAUSES

OF THE

OCEAN-CURRENTS.

BY

F. L. EKMAN.

(PRESENTED TO THE ROYAL SOCIETY OF UPSALA, THE 30th MAI 1876.)

UPSALA,
PRINTED BY ED. BERLING.
1876.

Digitized by Google

Digitized by Google

When occupied in examining the saltness and the currents of the seas round the coast of Scandinavia, I remarked certain circumstances, which appeared to offer a new and clear explanation of the origin of some of the ocean-currents, of which previous explanations had been attempted, grounded on assumed differences in the sea-water's specific gravity [1]). This led me to a more extensive examination of the causes, which in general give rise to streams in the sea, and I have published an essay on the subject in the «Öfversigt af Svenska Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar för Sept. 1875» in connexion with a complete account of the streams I had observed at the mouths of the rivers, which fall into the sea at Göteborg and Stockholm. My present object is to present the results of that work in a more systematic form, and, at the same time, to enter somewhat more fully into certain points, which in that work have been only incidentally touched upon.

Even when we leave out of consideration the possibility of oceanic streams being produced by extratelluric attraction, there are, it is known, many causes, which give rise to motion in the ocean's water: gain or loss of heat, rain, evaporation, freezing, variation of atmospheric pressure, winds etc., are causes of this kind, all arising directly or indirectly from unequal distribution of the solar heat. All the learned men, who have made the problem of the origin of the oceanic currents a subject of study, have paid more or less attention to all these causes, though often in a one-sided manner, so that an almost exclusive importance has been attributed sometimes to one and sometimes to another. Since however the fact is, that almost every one of these causes has a somewhat important influence on the movement of the water in some special district

[1]) I published a short essay on this subject in the «Archive des sciences de la Bibliothèque Universelle, Sept. 1875, entitled: Notice sur les mouvements de l'eau de mer dans le voisinage de l'embouchure des fleuves.

Digitized by Google

of the ocean, and every motion in one part must give rise to motion in other parts, every ocean-current strictly speaking depends on many such causes. The business of the hydrographer should therefore be rather to discover what part each of them has in the formation of the separate streams, than to carry out any particular theory grounded upon any special cause. A quantitative determination of this kind can however at present only be placed among things to be wished for, as the amount of observations, necessary for its carrying out, does not as yet exist, and the calculation of the effects moreover presupposes both the number and nature of the cooperating causes accurately known. The opposite views that even up to the present time are entertained on this subject, seem to indicate that the preparation of the question is not yet sufficiently advanced, and it is the object of the present work to contribute in some means to the supplying of this deficiency.

For our purpose I divide the above mentioned causes into two groups, namely A) *such as produce a change in the water's level and thus indirectly give rise to streams;* and B) *such as immediately produce a stream in consequence of the mechanical action, which a medium already in motion exercises on the water.* To this last category, (which must itself also produce a change of level) belong winds and the efflux of rivers; furthermore every ocean-current, however it may have originated, immediately becomes itself such a cause. To the former category belong especially variation of temperature in the seawater, evaporation and the meteoric rain-fall.

A. CAUSES, WHICH INDIRECTLY PRODUCE OCEANIC STREAMS THROUGH CHANGE OF LEVEL.

The form of a spheroïde of revolution, which the surface of the ocean would otherwise assume, is subject to small perturbations. In addition to the periodical disturbance produced by the MOON's attraction, we have in the first place that, which results from the unequal distribution of the atmospheric pressure. According to the mean barometric pressure in the neighbourhood of the Atlantic in the northern hemisphere, as determined by SCHOUW and POGGENDORFF, and the barometerobservations in the southern hemisphere, collected by MAURY, the surface of the ocean at the equator appears to stand about 11 centimètres higher than at the tropics; in consequence of the diminishing of the barometric

Digitized by Google

pressure from that latitude to the pole it ought at 75° N. Lat. to stand about 11 centimètres and at 74° South Lat. about 40 centimètres higher than at the tropics. If the difference in the atmospheric pressure were absolutely constant, this difference of level could not give rise to any stream, but the water-particles of the inclined surfaces would move with equal facility in any direction. Only when, from some other cause, the water streams from one latitude to another, can the difference of the mean barometric pressure have a modifying influence on the motion of the stream. The streams, that flow from the tropics towards the poles, will have their movement very slightly facilitated, those flowing in the opposite direction will be retarded, but accelerated again, as soon as they have passed the tropics.

Every variation of the atmospheric pressure must cause water to flow from one place to another; but these changes, being only occasional and of short continuance, can have only a trifling effect upon the real oceanic currents, although they may have a more considerable temporary influence on the streams in straits, which unite separate oceanic basins with eachother.

The changes of level, caused by heat and cold, evaporation and rainfall, on the other hand may give rise to constant movements in the sea-water; for these operate with an average constant difference of force on different portions of the ocean. I have already said, that they cause streams in consequence of changes in the level of the sea. They however also alter the volume and specific gravity of the sea-water, the latter partly by changing its saltness and partly its temperature.

Each of these changes has its effect upon the ocean's circulation, and I cannot consider it as a matter of indifference, whether we assume one or the other of them as the immediate cause of the resulting stream. MAURY, and many others after him, have pointed out as the cause the variation of the specific gravity of the sea-water. When for example he in the chapter: «The origin of Currents» epitomizes his view of the subject, he uses the following words: [1]) «If we except the tides and the partial currents of the sea, such as those which may be created by the wind, we may lay down as a rule, that all the currents of the ocean owe their origin to difference of specific gravity between sea-water at one place and sea-water at another; for wherever there is such a difference, ... it is a difference that disturbs equilibrium and cur-

[1]) MAURY, Phys. Geography of the Sea. 1872, pag. 204.

Digitized by Google

rents are the consequence. The heavier water goes towards the lighter, and the lighter whence the heavier comes; for two fluids differing in sp. gravity, and standing at the same level, can no more balance each other than unequal weights in the opposite scales of a true balance.» We see that according to this' view the first impulse to the stream arises from the heavier water, which, as standing at the same level as the lighter, in consequence of its greater weight displaces the latter in the deeper strata. In this manner MAURY endeavours to explain the under-current in straits, which unite oceanic basins of different degrees of saltness, and this explanation is accepted by CARPENTER and others.

It seems to me, that this explanation of the under-current, which has moreover been extensively applied to streams in the open ocean, too implicitly reposes on the common notion of the fixed level of the ocean's surface, and that the following theorems, however simple, deserve especial attention, in as much as that they must be the. foundation of a correct comprehension of the phœnomenon.

1:o) When the equilibrium between two masses of water has been disturbed, two cases are possible, namely a), when the equilibrium is disturbed throughout all the strata down to the bottom and b), when the equilibrium is disturbed only to a certain depth below the surface. The first case happens, when the specific gravity in both masses is the same, but the level different, or the level the same, but the sp. gravity, at least in the upper strata, different. The latter case presupposes, that the specific weight in both masses is in the lower strata the same, but different in the strata situated above a certain level, and moreover that the thickness of these latter strata is inversely as their specific gravities.

2:o) Between two strata of water of the same level and depth, but of different specific gravity, there will be a difference of pressure, which at the surface = 0, but increases with the depth below the surface. Should however the lighter water be so much raised, that the difference of pressure at its greatest depth vanishes, then at any point above that depth the lighter water will produce a greater pressure than the heavier, and the difference increase as we approach the surface; but the sum of the differences of pressure of the two strata will be less in the latter position than in the former.

3:o) When the equilibrium between two masses of water is disturbed, the motion of the particles will be such as to restore the equilibrium at the least possible expense of time and action. For a given difference of pressure the required motion will occupy more time, when

Digitized by Google

the difference of pressure only extends to a certain depth, than when it extends to the bottom: and in general a greater time is required, when the difference of pressure extends to a less depth, than when to a greater.

From these theorems, the truth of which I need not stop to demonstrate, I shall now endeavour to draw some general conclusions, respecting the effect, which differences of specific gravity between the waters in different parts of the ocean can have on the origin of oceanic streams.

If we define the normal sea-level as that, which would result from the force of gravity and the earths rotation with the mean barometric pressure, certain deviations from that level must take place in consequence of different specific gravity in different parts of the ocean, and these deviations ought to approximate to, but not fully reach those, which would be determined by the inverse ratio of the sp. gravities of the water-strata [1]).

Let us first suppose the case of the water in a certain part of the ocean being lighter than the rest down to a distance, n, below the surface, but that the surface itself is everywhere normal. Two different kinds of motion would immediately be produced. The lighter water would be lifted by the surrounding heavier, till the difference of pressure at the new level of its lower side, n', vanished, but, as its pressure at all levels above n' have now become greater than that of the heavier water, it would instantly begin to displace and overflow the latter. This movement of the lighter water would however require considerably more time than the movement of the heavier water, whereby the lighter was lifted and continues to be lifted, as its level sinks by lateral diffusion. For the sum of the differences of pressure, which caused the elevation of the lighter water, were in the first place greater, than the sum of the differences, that caused its diffusion towards the sides. Secondly the differences of pressure, which caused the first motion, must extend all the way to the bottom, whereas those, which cause the latter, extend no deeper than the lighter stratum itself, and even within the extent of that have their chief effect confined to the superficial strata. With regard to the velocity of these motions, that of the heavier water will be relatively little sensible, because it takes place in a section of larger area, but the motion of the lighter water will be seen to form a more rapid and more clearly defined stream.

---

[1]) Some important exceptions of this last statement will be hereafter noticed.

Digitized by Google

The most immediate and essential consequence of such differences of specific gravity between different parts of the ocean is then *differences of level*, which differences however subsequently give rise to superficial streams, whereby *the lighter water displaces the heavier*. By these streams, in consequence of the smallness of their section, the disturbed equilibrium can only be restored slowly, and their continuance may therefore be considerable both as regards time and extent. If the causes, which produce the change of specific gravity operate in a constant manner, both the differences of level and the consequent streams will be constant.

When the equilibrium of a mass of water is disturbed by causes, which do not alter, or at least do not diminish the water's specific gravity, the disturbance must extend all the way to the bottom, and the differences of pressure at all depths beneath the lowest level of the surface will be equal. The equilibrium is then restored by a general movement of the whole mass, which will however be the less visible in proportion as the mass of water set in motion is greater. We have here an essential cause of the difference in the strength of the streams observed in salt and fresh water. For of all the causes which can produce streams in the latter, there is but one, which can sensibly affect the water's specific weight, viz: variations of temperature. The sp. gravity of sea-water on the contrary, besides being much more effected by variations of temperature, is still further affected by the descent of fresh water upon its surface. Even if the whole basin of the ocean were filled with fresh water and that water exposed to the most extreme meteorological influences, which the different tracts of the earth present, thence the superficial streams produced would not be nearly equal either in power or extent to those we now observe in the water of the ocean [1]).

We proceed now to examine separately each of the causes, which tend to produce change in the specific gravity of sea-water, with a view to ascertaining their influence on the water's motion, and for simplicity's sake *we suppose only one of these causes to operate at a time*. We have first:

---

[1]) Although the importance of specific gravity, as affecting the streams in fresh and salt water, has already been carefully pointed out by MAURY, I have nevertheless thought it best here to touch upon that subject, because it does not appear to me that he has adduced the cause of the phœnomena in question, which I look upon as the chief.

Digitized by Google

I:o) *Streams caused by changes of temperature.*

If we for a moment suppose the water of the whole ocean of the same temperature, but that an extensive portion of the surface has just been exposed to the influence of the solar heat, the water in that locality would expand and its level would be raised. The new level may be supposed such as that required by the specific gravity of the warmed stratum, without any lateral motion of the warmer water having been necessary. But as the level was raised and the differences of pressure in the upper strata increased, the warm water would presently begin to stream outwards. Its level would thus again sink and the other water's rise, whereby the equilibrium would be disturbed down to the bottom, and the consequence would be, that the water from below would flow to the warmed place till the equilibrium should be restored.

If the source of heat, that produced the change, ceased to act, both the above described motions, the surface stream and under-stream, would continue, though with continually decreasing velocity on account of the continually decreasing differences of pressure, untill all strata of the same height attained the same temperature, and the surface accordingly become everywhere normal. If on the other hand the source of heat continued to operate with constant power, the water arriving from below would in its turn be warmed and thus the motion be perpetuated. In proportion as the warmed water receded from the warm locality in the form of a superficial stream, it would part with its heat, and at last such an equilibrium would be established between all the circumstances, that caused the two streams, that the quantity of water, brought in a unit of time by the under-stream, would be equal to what was carried off by the surface-stream. What position would the warmer water take with respect to the colder, when this state of things came to pass?

It is clear, that, if the two water-surfaces are at the same level, there can be no difference of pressure to set the surface-stream in motion, and again, if the warmer stratum assumed the position determined by its specific gravity only, there would be no driving force to produce the under-stream. The position of the warmer stratum must therefore lie between these extremes: it must be such, that both strata are cut through by an imaginary surface, above which the differences of pressure cause an out ward-flowing stream of warm water and beneath it at under-stream of cold. If the proportions were such, that the volumes of water, which the two streams carried onward in the unit of time, had sections of equal

Digitized by Google

area to move through, the differences of pressure, which drove the surface-stream, would require to be about equal to those, which drove the under-current, or the position of the warm stratum would be about in the middle between the extremes above mentioned. But, as the case really is in the ocean, the section of the surface-stream is far less than that of the under-stream, and accordingly the differences of pressure, which drive the superficial current, must be very considerably greater than those, which set in motion the under-current. Or in other words: *The position of the warm stratum must be much nearer to that, which its specific gravity would assign to it, than to the other extreme.* Here no allowance has been made for the change in the position of the strata, which may arise from the vis viva of the streams produced.

If the water at the surface of the ocean is cooled to a lower temperature than the subjacent strata, the water at the surface becomes heavier, and supposing the saltness of the lower strata not to be greater, it must, like every other heavier body, sink towards the bottom. If the cooling over the whole locality be uniform and constant, there will result a vertical circulation, which will continue till all the water has reached the same temperature. If on the other hand only a portion of the surface is exposed to cooling influence from above, the level of that portion will sink below that of the rest and there will result an external stream towards the chilled place, arising from the greater hydrostatic pressure of the surrounding warmer water. But in this case there arises at the same time a new current, independent of the change of level; for the chilled water, in consequence of its increased specific gravity, sinks, displaces the water which previously formed the bottom-strata and diffuses itself under them. These motions, if the water in the unchilled locality were unable to receive heat, would continue, though with less and less velocity, untill the whole mass of water had reached the temperature of the chilled place.

The changes of volume, which the superficial water undergoes from raised or lowered temperature are however accompanied by the following phœnomena. When the superficial water is anywhere warmed, its dilatation in horizontal dimensions experiences a resistance from the adjoining strata, the effect of which must be to cause the chief dilatation to be in the vertical direction; this increases the differences of pressure, which give rise to superficial current, while the resistance to the advancing under-current is diminished. And vice versa, when the surface is cooled, its horizontal contraction is accelerated by the pressure

Digitized by Google

of the surface-stream, caused by the change of level, whereby the contraction in the vertical direction is diminished, and accordingly the differences of pressure, that cause the under-current, exaggerated.

The effect then, that the earth's warming in the neighbourhood of the equator and cooling in that of the poles would have upon the position and motion of the strata in the ocean, *if there were no other modifying circumstances*, would be the following: The level of the sea would be changed by rising at the equator and sinking at the poles. The deviations from the normal level, which would thus arise, would in some measure approximate to those, which according to the laws of equilibrium in communicating tubes, would be calculated to take place, supposing the waters specific weight at different depths to be accurately known. Two superficial currents of warm watêr would flow from the equator towards the poles, and two less rapid under-currents of cold water in the opposite direction. All these streams would diffuse themselves uniformely over the whole breadth of the ocean, with only such modifications as would arise from the form of the continents and the rotation of the earth. There would in short be a circulation «sustained by difference of temperature alone», in its nature something similar to what D:r CARPENTER has described, though in its causes different..

The great effect, that the cooling of the ocean's surface has upon the temperature of the deeper waters, has been fully developed by D:r CARPENTER and I have therefore barely touched upon it. I do not however consider, that the account he has given of the oceanic circulation, arising from variation of temperature [1]), agrees with what I have above described. If I rightly understand him, he supposes the ocean-surface at the poles to be on a level with that at the equator. In this case a pillar of water at the poles, extending to a certain depth below the surface, would exert a considerably greater pressure than a corresponding one at the equator on account of the formers greater specific gravity, and this difference of pressure ought, according to D:r CARPENTER, to be the driving force, that elevates the water at the equator. The driving force producing the circulation lies, according to his view, not

[1]) W. B. CARPENTER: On the Latest Scientific Researches in the Mediterranean, Procced. of R. Inst. of G. Br., 10 March 1871; «Ocean circulation», Contemporaneous Rewiew, Sept. 1875.

Digitized by Google

so much in the warming of the water at the equator as in its cooling at the poles. The warm surface current is not driven forward by a «*vis a tergo*», but by a «*vis a fronte*», namely by the suction that arises from the sinking of the cold polar water. On all these points, I, as the reader will already have discovered, entertain a different opinion. The great surplus of pressure at the poles vanishes with the uniformity of the sea-level, as soon as we suppose the strata of water arranged according to their specific gravity. The warm external stream is really driven by a «*vis a tergo*», which exists at every point of its course, in consequence namely of the differences of pressure, arising from the higher level of the lighter water behind, whereby the equilibrium is everywhere in the upper strata disturbed to a certain depth. The cold under-current would arise from another similar cause, namely the differences of pressure, caused by constant efflux of the superficial water in warmer latitudes and afflux in colder, whereby the equilibrium between the water-strata would be constantly disturbed down to the bottom. Lastly I observe, that the oceanic circulation, which could be brought about by differences of temperature only, would be far less powerful than, and of a character wholly different from that, which the actual phœnomena of the ocean present, because other entirely dissimilar and very powerful causes contribute to their production, of which more hereafter.

Chilling of water to a certain degree produces freezing. If we calculate what change the volume of sea-water undergoes in cooling, so that pure water is separated from it in the form of *free moving* ice [1]), we find that the last result will be a small diminution of volume, and that accordingly water must flow from somewhere or other to the spot, where the freezing is going on. The formation of ice therefore causes no interruption of the effect, which the cooling can produce on the motion of the water.

---

[1]) According to my experiments, the maximum density and freezing point of sea-water (when not overchilled and at the usual barometric pressure) take place at the following temperatures:

Saltness	Freezing	Max. density.
2.09 ‰	1°.1 C.	0°44 C.
2.54 »	1.4 »	1.68 »
3.00 »	1.7 »	2.71 »
3.50 »	1.9 »	4.00 »

Digitized by Google

II:o *Streams produced from rainfall and other accensions of fresh water.*

When rain-water is poured down upon a part of the surface of the sea, the equilibrium between that part and the surrounding ocean is in the first instant disturbed down to the bottom; thence a slow, general motion of the sea-water takes place, whereby the level of the surrounding water is slightly raised and that of the rainwater-stratum lowered. But the sinking of the fresh water cannot however proceed farther, than to about the point determined by the specific gravities of fresh and salt water. Another motion is thereby caused namely a superficial current, flowing out from the fresh water-stratum in consequence of the difference of pressure in the superficial strata. Should the rain cease, results will ensue precisely analogous to those, which take place between a warmer superficial stratum and the surrounding colder water. But should the rain continue with unabated power, the stratum of fresh water must continue to encrease in thickness, untill the consequent rise of level is sufficient to make a surface-current, that carries off as much water in a nnit of time as the rain yields. In this case it seems to be evident, that, in regard only to the differences of pressure, but a superficial stream should be produced without any under-circulation.

The superficial currents, arising from meteorological wet, frequently have a great velocity, since the sp. gravities of fresh water and sea water are very different; at 15° C. the relation is as 1:1.027, and at 0° C. as 1:1.0283, if the sea-water contains $3^1/_2$ p. c. salt, whereas the greatest difference of sp. gr., that in the ocean can arise from differences of temperature, is about as 1:1.0043. On the other hand it is easily seen, that, if warmth in the one case and rain in the other caused equal differences of pressure at the heavier waters surface-stratum, the depth, at which equilibrium prevails, must in general be greater in the former case than in the latter; or, in other words, the superficial currents, caused by rain, flow in a shallower bed than those caused by heat, provided the maximum of difference of pressure is equal. But then the differences of pressure are smaller at the subsurface-strata of the shallower stream than at the corresponding strata of the deeper, and the former ought thus to move less rapidly than the latter. The intermixture of salt water from below will of course influence the motion; to that question I shall return farther on.

The rainfall at sea, is, as is known, very unequally distributed, the greatest abundance falling to the lot of the higher latitudes, partly

Digitized by Google

in the form of rain and partly in that of melting ice, and another not inconsiderable quantity falling on a narrow belt in the vicinity of the equator, the two intermediate zones, from near the equator to about 40° latitude, being comparatively but poorly supplied with rain. The general result of rain at sea then, separately considered, ought to be four surface-currents debouching upon the zones ill supplied with rain: two greater, carrying cold and mixed sea-water from the poles to the tropics, deviating towards the eastern, and two smaller, from the equator to the tropics, deviating towards the western coasts.

An other and by no means inconsiderable amount of rainfall is carried into the sea by the rivers, the mouths of which form the commencements of currents, which however usually have only a local importance. In any places, e. g. in the Skagerack, where the collected mass of several rivers falls in at one and the same creek, the quantity of fresh water can nevertheless be sufficient to give rise to streams of such strength and extent, that they must be attended to in navigation, and even in the question of the general oceanic circulation the influence, which the outpourings of the rivers may exert on the waters motion must not be entirely left out of consideration.

III:o *Streams caused by evaporation.*

In fresh water evaporation causes a sinking of the surface and a cooling of the external stratum. When sea-water evaporates, its saltness is also enhanced and accordingly its specific weight increased from two causes, producing, as MAURY has already shown, a vertical circulation within the evaporating locality. This vertical circulation however soon reaches a limit, beneath which it cannot easily extend. In those regions of the ocean, where evaporation is greatest, the solar heat operates most powerfully; thus the increasing of the specific gravity is counteracted by the heat, and, by other reasons, strata, that are heavy in consequence of lower temperature, keep there constantly rising to the surface. Again in localities, where the surface daily loses more heat than it receives, the evaporation is little compared with the accensions of fresh water, and the sinking surface-water therefore soon meets with strata of sufficient saltness and weight to render the circulation difficult.

Of much greater importance in the oceanic circulation is the change of level produced by evaporation; for the increased hydrostatic pressure, arising from the increased specific weight, is vanishingly small

Digitized by Google

in comparison with the decrease, produced by the diminution of the waterpillar's height. Now as evaporation takes place with very different rapidity in different localities and attains its maximum in the regions, where the rainfall is least, viz: the region of the trade-winds, this circumstance must necessarily have a considerable influence on the oceanic circulation.

By evaporation the equilibrium of the water-particles is disturbed down to the bottom, and accordingly the motion, which takes place in order to fill up the vacuum, may extend to the whole mass, although the velocity will be different at different depths. If we suppose a cup-shaped hollow to be formed by evaporation in the surface of a mass of water, the difference of pressure in the level, that passes through the centre of the hollow, will be greater than in any level above it, and the motion of the water-particles in that plane will therefore be more rapid than in any plane above it. But in all lower levels the difference of pressure is the same as in that level, and it would consequently be unreasonable to suppose that the hollow would be filled only by superficial streams of its own depth. Motion must also arise in the lower strata, and this motion under the centre of the hollow must be vertically upward. It will accordingly depend upon the relative dimensions of the water-mass and the hollow, and on the inclinations of the latter's surface, whether the filling of the hollow be owing more to the afflux of the water from the sides or the rise of that beneath.

The depression of the ocean's surface through evaporation is extremely small in comparison to the extent of the sunken surface, and the volume of the hollow is extremely small in comparison with that of the ocean. The motion therefore of the approaching particles under the surface of the hollow will be chiefly upward, but will gradually approach to horizontal, as the distance from the locality of the hollow increases. Thus the great evaporation within the torrid zone ought to produce two slow, deep motions in the sea, one in each hemisphere, which, originating in the higher latitudes, meet in the neighbourhood of the equator. As evaporation is greater in the regions near the equator than in those more distant — if we except the narrow equatorial belt that includes the region of the calms and rain — the quantity of water, which in a unit of time must flow to the former region, will be relatively greater than that, which moves towards the latter; but the former must pass through a greater distance reckoned from the origin of the stream. In consequence of these causes the under-streams, caused by evaporation, ought to

Digitized by Google

move with a greater velocity towards the lower latitudes, than towards the parts of the evaporating region more distant from the equator.

I do not know that attention has been paid to the importance of evaporation for the formation of the cold under-current in the ocean [1]), whereas evaporation has long been recognized as the cause of the currents, that exist between the ocean and separate basins such as the Mediterranean, in which the annual evaporation exceeds the rainfall. Even if evaporation in such a basin were not more rapid than in the neighbouring portions of the ocean, the level of the basin must nevertheless sink relatively to the ocean's, because the contraction of the basin's mouth in a certain degree obstructs the under-circulation, which in the ocean carries water from localities of overabundant rainfall to those of overabundant evaporation. As regards the nature of the stream, produced by evaporation, when passing a relatively narrow canal, such as the Straits of Gibraltar, it must necessarily be very different from the stream, which evaporation causes in the open ocean; for the proportion between the evaporating surface and the area of the section of the stream is in this case altogether different. Should the section of the canal in proportion to the quantity of water, that must pass through it in a unit of time in order to compensate the evaporation, be less than a certain limit, there can be only one stream, which will flow in the evaporating region, where the saltness in such cases must continually increase [2]). When the depth of the section is greater, there may on the

[1]) In this explanation I have taken account of no other cause than evaporation, nor of the circumstance, that by evaporation the salt is left in the water, whereby the current might in time be considerably modified, even if exclusively arising from evaporation. I shall have occasion further on to return to this question.

[2]) We do not at present know of any such case; but that under past geological periods basins have been gradually so cut off from communication with the open sea, that an effective double circulation became impossible, is evidenced by the numerous deposited layers of ordinary salt, more or less visibly accompanied by other ingredients of oceanic salt, as also by the pure sulphur in certain sedimentary formations, probably originating in sea-waters sulphates after their reduction through organic media. The process of these evaporating-operations has probably been, that when the outward under-current, in consequence of the increasing shallowness of the mouth, ceased, the contents of the basin have by the continued stream of salt water from the sea been converted into a salt lake, which eventually christalized. It has then depended on other circumstances, e. g. the afflux of river water, whether the residual lye has been carried off, or as in the formation of the Stassfurter-strata, it has dried up. The new proposal to convert the Zahara-desert into a inland-sea would doubtless lead to a similar result.

Digitized by Google

other hand be room for two opposite streams as is the case in the Straits of Gibraltar. To the causes, which give rise to that double stream, I shall return farther on.

B. CAUSES, WHICH IMMEDIATELY PRODUCE OCEAN-CURRENTS BY MECHANICAL ACTION OF A MEDIUM ALREADY IN MOTION.

Streams arising from these causes may be divided into two classes, first:

IV:o *Streams caused by the Winds.*

Franklin endeavoured to account for the Gulf-stream as an effect of the trade winds, and the winds were thought by Sir JOHN HERSCHEL to be the principal causes of the ocean-currents. Though MAURY could not deny that they have some influence, he nevertheless seems, in consequence of his persuasion that differences of specific gravity were the main-cause of the currents, to have considerably undervalued the effect of winds. The importance of these has now of late been acknowledged and maintained by M:r CROLL. On this subject I will confine myself to briefly expressing my opinion, especially as the limites, which I have bean able to find for the study of the ocean-currents, has not permitted me for myself to examine M:r CROLL's works, which will probably make a more detailed explanation of this part of the question superfluous.

Every wind, that sweeps over a mass of water, produces, by the friction of the air-particles against the water and their impact on the waves, a superficial stream in the direction of the wind and consequently an elevation of level towards the coast, as also a depression on the opposite coast. By this the equilibrium of the water is disturbed down to the bottom and the water flows back from the elevated portion by the ways, by which the reflux can most easily take place. Should the wind operate uniformly over the whole surface of the water, the reflux can only take place in the form of an under-current, the velocity of which must depend of the depth of the water. Should it however operate only on a part of the surface, suppose the left, the reflux will take place also in the form of a surface-stream from the right side, whereby the level there will be lowered, and so on; thus at length arise on the surface side-streams, which are supplied with water from the spots, where the level has been raised, and which together with the original superficial stream

Digitized by Google

form a closed whirl-pool. Local circumstances must determine, wich of these motions, the under-current or the lateral eddies, form the chief channel, whereby the artificial water carried off by the wind finds its way back.

In lakes, where in consequence of their small extent the wind covers almost the whole surface, the vertical circulation, which is so indispensable a condition for the freshness of the water, is in a very great measure maintained by the wind[1]). In the ocean on the contrary, the surface of which can only be partially covered by any particular wind, the superficial stream produced must also be accompanied by side-eddies. The difference of level between two opposite coasts, which a wind of great extent can there cause, may, in consequence of the great length of the surface, on which the wind acts, be considerable, even though the force of the wind be but moderate: how vast the differences of level, which violent winds can produce, is sufficiently evidenced by the so-called storm-floods. That the trade-winds, which collect the water towards the equator from N. E. and S. E. and drive it towards the east, are the cause of the so-called equatorial currents, is now perhaps doubted by nobody. It seams also clear that an elevation of level, caused by these winds on the eastern coasts of the continents, has a material effect in the formation of the Gulf-stream, and that this in connnction with a corresponding sinking on the western coasts causes the whirling motions with sargassos in their centre, which in the northern hemisphere in consequence of the form of the continents are so clearly developed.

V:o *Streams caused by the mechanical effect of a mass of water, already in motion, on the neighbouring particles of water: Reaction-Streams.*

If a stream is produced by any cause in the ocean, it must of course set in motion the particles before it, in order to be able to

[1]) The following example from the lake Årstaviken at Stockholm here deserves perhaps to be noticed. The lake has an arrow communication with the «Mälaren», the water of which contains a little salt. As long as Årstaviken is frozen, the deeper water also there is found to be slightly salter, e. g. 0.05 p. m. chlornatrium at the surface, 0.08 at $3^1/_2$ fathoms depth. But as soon as the ice is melted and the wind can freely operate on the surface, the saltness of all depths is uniform, and continues so all the summer. The undulation in that little lake is of course very inconsiderable, so that no other cause can be assigned for the fact mentioned, then the general circulation caused by the winds.

Digitized by Google

move forward, and also other particles must flow to the place, whence the stream set out; or in other words: the motion of the stream must be propagated to other localities than that, where the forces, that originally produced it, operate. But a stream may throughout its whole course by mechanical action give rise to secondary motions in the surrounding water, and it is to streams of this kind that we shall now for a while turn our attention.

Wherever a stream flows in contact with a quiet or more quiescent mass of water, the molecules of the former will by friction communicate a part of their motion to those of the latter. The quantity of the flowing water is thus increased, while the velocity is diminished. Without at first occupying ourselves with the question, in what relation the velocity of the thus increasing stream stands to its mass, we may nevertheless conclude, that a diminution of the mass in the surrounding water must take place at every spot, where the stream communicates its motion to the particles of that water, and carries them away in its own direction. This diminution, like that caused by evaporation or by wind, must produce a change of level, whereby the equilibrium is disturbed down to the bottom, and this disturbance again must produce an afflux of water to the place in question, whereby the water carried off is replaced. The said diminution cannot evidently be compensated by the original stream itself, for this would require an increase of the streams velocity, in conseqnence whereof the quantity of water-particles, carried of by the stream, would even be increased; or in other words, the level would be continually sinking in the part of the stream behind that, where the new molecules are set in motion. To suppose again that the void can be filled up by new molecules of the increased stream, would be evidently tantamount to supposing that the motion, which had caused the void, had not taken place. On the other hand an afflux from the more quiescent water, outside the stream itself, both can and must take place, which motion will be similar to that generally brought about by the disturbance to an unlimited depth of hydrostatic equilibrium.

The velocity of the increased stream is another point of importance for the question. If we designate with W the velocity and with m the mass of water of the original stream, which passes by in a unit of time, and with v and M velocity and mass of a following part, where it has taken up into itself new molecules, supposing the velocity to decrease in the

Digitized by Google

same proportion as the mass increases, we shall have $v = W.\frac{m}{M}$. But, as on the other hand the streem's vis viva must be constant, if we neglect the quantity thereof, that by friction is converted into heat, we have also $m.W^2 = M.v^2$ or $v = W.\frac{\sqrt{m}}{\sqrt{M}}$ which is greater than $W.\frac{m}{M}$, whence we see *that the velocity of the stream decreases more slowly than its mass increases.* Hence the molecules in the following part of the stream have a tendency to separate themselves from those in the preceeding, or in other words, the quantity of water at the locality we are considering suffers a decrease. If the stream be a superficial one, the level of the moving water should be thus lowered, and, if an under-current, the level of the water above should also be lowered. The hydrostatic pressure of the moving water-strata is then reduced, and in consequence thereof an afflux of water from the surrounding strata should take place in direction to the former. The afflux of water, required for the replacement of molecules carried of by the stream, is then helped by the fact, that the velocity of the thus increased current does not decrease in the proportion of the increase of the mass.

In order in future to have a short name for the motions, which a stream thus produces in the surrounding water, I have denominated these motions *reaction-streams.* It is easily seen that streams of this kind, which in particular circumstances may be sharply defined and quite powerful, must very frequently arise in the ocean. They must in the first place accompany such streams, as originate in a disturbance of the equilibrium, extending only to a certain depth, whether the disturbing cause be heat or rain, or both united. But also the superficial streams, caused by the wind, and the under-currents, produced by the heavier water's sinking and diffusing itself at the ocean's bottom, must give rise to reaction-currents. The velocity of these streams ought chiefly to depend on that of the original current and the area of the section, in which the stream, arising from reaction, has to move. That area is often very great and the reaction-stream consequently scarcely sensible as a separate stream. The streams caused by a disturbance of equilibrium, extending down to the bottom, ought to be the least calculated to give rise to reaction-streams; in fact, in these cases, the original motion itself takes place in all strata, though with different velocity at different depths, and its velocity is moreover usually small.

Digitized by Google

a) *Reaction-Streams in consequence of river-water.*

Although in the ocean reaction-streams may, as we have seen, arise from many causes, I will here in the first place confine myself to those produced by the outflow of rivers, because from the special examples of such streams, which I have the opportunity of adducing, the reader will be better able to form an idea of the nature of reaction-streams. Before however passing to these examples, it will be necessary to take a somewhat general view of the question of river-water's effect upon the sea.

It has long been observed that in straits, which unite the ocean with separated oceanic basins, in which the annual influx of river-water exceeds the evaporation from the surface, there is beneath the superficial current, which carries off the superfluous river-water to the sea, an under-current of salt water in the opposite direction. This phœnomenon is in fact of a still more general nature. Every river or brook, which falls into the sea, gives rise to an under-current directed towards its embouchure. These under-currents are so distinct and the causes, that produce them, so active, that in calm weather their presence may be easily observed at the mouth of the most insignificant rivulet, that falls out over the surface of the sea.

It has been usual to explain the under-current in such straits, as e. g. Öresund, by supposing that the sea-water outside in consequence of its greater specific gravity displaced the fresher and lighter water in the separated ocean-basin and thus flowed into it in the form of an under-current. The same reasoning ought therefore to be applied to the under-currents at the mouths of rivers. This explanation, however simple it may appear, seems nevertheless on closer examination not to be satisfactory. If we supposed the outflow from a river suddenly to stop, as soon as the river had deposited a certain quantity of fresh water on the surface of the sea, not only would assuredly a superficial current of outflowing fresh water arise, but also an under-current of salt-water in the opposite direction in consequence of the water-stratas differences of pressure, and these would continue till the fresh water was carried off, according to what has above been explained more fully in the case of streams caused by heat and rainfall. But if the river continued to flow with the same velocity, which caused the formation of the fresh-water-stratum before the mouth, it seems clear, that water could not run away in consequence of the excess of hydrostatic pressure more rapidly, than

Digitized by Google

that the river-water, streaming onward from behind, could constantly supply the loss, caused by the outflow, and preserve the level unchanged. Thus the cause of the under-current, which in the former case was occasioned by the reduced hydrostatic pressure of the superficial water in consequence of the sinking of the level, does not in this case exist. Hence the difference of specific weight between river-and sea-water ought here only to produce differences of level, which also should be constant as long as the supply of river-water is continued and constant. I look upon the under-current, which, in these cases, very distinctly appears, as a reaction-stream, to be accounted for on the general principles, above laid down for the explanation of such streams. But the same causes, which produce an under-current at the mouths of rivers, must also give rise to an under-current in the channels, whereby separate ocean-basins discharge their superfluous fresher water into the ocean.

This seems to be the place to say a few words on the reaction-streams in lakes as compared with those in the ocean. Our knowledge of the former is indeed very scanty, nevertheless the general experience we have of streams in lakes would seem to justify our assuming, that the under-currents, produced by the reaction of rivers in lakes, are far inferior in intensity to those produced in the sea. What then, it will be asked, is the cause of this difference, if the under-current in the sea is not caused by difference of pressure, depending on the different specific weight of the water?

In the first place the changes of level, occasioned by the pouring of fresh water into fresh, can only produce such disturbances of equilibrium as extend all the way to the bottom; but the movements, that result from this disturbances, ought not, as I have just said, to be followed in any great degree by any reaction-stream. Secondly, when a river falls into a lake, the molecules of river-water have no reason to change the direction of their motion, unless obliged by the contour of the shore. The river-water therefore proceeds as a distinct stream in the upper water-strata, the particles of which it sets in motion by friction. But the reaction-stream, thus caused, must show itself in an afflux of water from the sides as well as from below, and in many instances, in consequence of the lake's form and depth, the requisite quantity of water can most easily be brought to the stream in the first mentioned manner. Accordingly the reaction-streams, resulting from rivers, will in fresh-water lakes chiefly take the form of eddy-streams on each side of the almost strait stream of river-water.

Digitized by Google

When a river debouches into the sea, these phœnomena have an entirely different character. By the river-water, cast upon the surface, the equilibrium is disturbed only to a certain depth, that is, as soon as the water-strata have arranged themselves as the supply of the river and the dimensions of the creek require. The stream of river-water flowing over the surface cannot maintain its original direction. In consequence of the higher level, which accords with its lighter weight, the river-water must diffuse itself towards the sides, while flowing forward. The river-water is thus diffused like a covering over the salt-water, dragging with it everywhere molecules of sea-water, where the surfaces are in contact. The result of the reaction will thus be almost exclusively an under-current, commencing in the open sea and pursuing its way under the broad upper-current of fresher water to the mouth of the river; if the depth at the mouth is sufficient, the under-current will penetrate into the river itself. At the mouths of the rivers, that fall out into arms of the sea of considerable length and gradually narrowing, under-currents of this kind will be most powerful.

The difference, that exists between the sea and lakes with respect to the streams caused by rivers, is sufficiently explained by what has been said above. There is however one additional circumstance to be taken into consideration, namely the effect, that the tendency to diffusion between fresh and salt water may produce. This seams to be of a double character. In the first place it is clear, that at the moment the streaming river-water diffuses itself in the salt-water, it communicates to the latter its motion without suffering so great a loss of vis viva, as takes place, if the motion is caused exclusively by friction, as in a fresh-water lake. Secondly the diffusion causes a continual change in the hydrostatical equilibrium. If in fact we suppose a stratum of fresh-water to lie upon the sea-water, the level of which with respect to the latter is determined by the specific weight of the water, the limit, where equilibrium prevails, will by the diffusion be brought lower, and at the same time the pressure in the immediately superjacent levels increased. The final effect of this on the motion of the water-strata would, I think, be to increase the power of the surface stream, and thus also to strengthen the under-current.

For fuller illustration of the effect, that river-water has upon the sea, I herewith communicate the principal results of the experiments I made on the 5th Aug. last year at the mouth of the Göta-Elf at Göte-

Digitized by Google

borg. It should be remarked, that for a considerable time previously uniform and calm summer weather had prevailed, that the little wind, there was at the time, blew out from the mouth of the river and that the waters level was sinking. In a distance of 37300 Sweedish feet (1 Foot = 0.297 mètres = 11.689 English inches), half of which lay within and half without the river's mouth, I on that day took samples of water at 10 different places on the middle line of the water's breadth, where the depth is greatest. That depth in the river was $2\,^5/_6$ Sweedish fathoms (the fathom being = 1.78 mètres) but in ascending the river was gradually reduced to 2 fathoms. In the fjord outside the mouth of the river (Elfsborgsfjorden) the depth gradually increased from 3 to 7 fathoms. At each of the 10 points one sample was taken at least for each fathom of depth, beginning at the surface and continuing to the bottom. The saltness [1]) per mille of each sample will be found in the following table, which at the same time gives the distance in Sweedish feet of each point from the river's mouth, and the depth in fathoms, at which the sample was taken. I have added in parentheses the specific weigth of each sample, which was first determined directly with twoo excellent areometers, and then reduced to the specific weight at the temperature of $\frac{15^0}{15^0}$ centigr. [2]).

---

[1]) A detailed account of the methods employed in this investigation etc. will be found in the paper published in the «Svenska Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar» referred to above on the first page.

[2]) It would contribute both to simplicity and clearness, if, in expressing the spec. weights of various substances, writers would adopt the notation $\frac{T^0}{t^0}$, in which T signifies the temperature of the substance, and t that of the pure water.

Digitized by Google

5th August.

Depth.	Outside River-mouth, distance in Sw. Feet.					Depth.	Inside River-mouth, distance in Sw. Feet.				
Sw. Fathoms.	18800	14000	10000	6000	1500	Sw. Fathoms.	3000	7000	11000	15000	18000
0	18.77 (.0145)	16.07 (.0124)	14.30 (.0111)	17.28 (.0134)	9.15 (.0069)	0	5.59 (.0042)	4.47 (.0074)	2.25 (.0017)	0.83 (.0007)	0.27 (.0003)
1	19.44 (.0147)	17.08 (.0131)	18.53 (.0143)	17.80 (.0137)	20.97 (.0163)	1	19.48 (.0151)	16.24 (.0124)	7.13 (.0053)	3.38 (.00026)	1.26 (.0010)
2	20.13 (.0153)	20.26 (.0155)	20.48 (.0159)	21.16 (.0163)	21.16 (.0163)	2	20.85 (.0161)	20.60 (.0159)	20.27 (.0157)	20.03 (.0155)	19.89 (.0153)
3	20.69 (.0160)	21.10 (.0163)	21.10 (.0163)	21.51 (.6166)	21.44 (.0165)	2½	21.07 (.0164)	20.97 (.0162)	20.79 (.0161)	20.66 (.0161)	
4	20.89 (.0162)	20.96 (.0162)	21.76 (.0168)			4					
5	21.56 (.0166)	21.93				5					
7	22.59 (.0174)										

A glance at this table shows, that an under-current of salt water from the Kattegat enters into Elfsborgsfjord towards the mouth of the river, where the salter water rises higher and nearer to the surface the more the stream approaches the embouchure of the river, so that for a certain depth the saltness appears to increase in the direction towards the latter. Wee see also that this under-current penetrates into the bed of the river itself, where its saltness at a given level now no longer increases, but neither does it decrease in any sensible degree in the lowest strata. While the under-current thus proceeds at the bottom of the river, it is constantly reduced in thickness; indeed its thickness at the innermost point, at which I could distinctly observe it, was less than two foot, as may be seen from the following special series, taken on the 7th August. 18500 ft above the mouth:

Depth.	Saltness, 7th August.
0	0.23
6 feet	0.35
8 »	0.40
10 »	4.33
12 » (bottom)	20.02

The existence of the under-current was made directly visible by means of a sunken body, which was moved by it in a contrary direction to that of the upper-stream. The water of the under-current was clear and

Digitized by Google

cold, whereas that of the superficial stream was very muddy, a further proof that the under-current continually received fresh supplies from the fjord.

The table also shows, that the saltness of the surface-stream during the whole course gradually and continuously increases, and from this we may infer, that the under-current does not suddenly invert its direction at the place, where the reduced depth of the river renders its further progress too difficult, but that it gradually during its whole course imparts portions of its mass to the upper-stream, as when from a manifold bundle of cloth one rolls off one layer after another. The lowest stratum, which has been least exposed to the influence of the upper-current, arrives with almost undiminished saltness at the terminus of its course. The upper-current's reaction on the subjacent water must be greatest, where its velocity is greatest, and accordingly we find, that the greatest increase in the upper-current's saltness during a certain distance takes place between 7000 and 11000 f. from the mouth, just where the bed of the river is narrowed from about 1300 to 650 f., but is widened again afterwards. After passing the mouth the saltness of course increases with greater rapidity, owing to the unrestrained afflux of sea-water.

The upper-current in its progress increases not only in saltness, but in mass of water. The following calculation, based upon the amount of chlorium contained in the waters, shows how much the samples taken contained of such sea-water, as is met with 3000 feet above the mouth of the river at the bottom. The table thus indicates the *least possible* increase of volume, received by the superficial current by mixing with the seawater, as also the dilation of the under-current:

Dist. fr. Mouth. in sw. Feet.	Volumes % Sea-water in mixture at depth of	
	Surface	2 Fathoms
18500	0.88	94.90
18000	1.03	94.31
15000	3.70	94.94
11000	10.36	96.11
7000	20.81	97.70
3000	36.07	98.80

We thus see that 100 volumes of river water, at a distance of 3000 f. from the mouth, have increased their volume to at least 135, as the surface water carried with it 36.07 % of sea-water. In the fjord

Digitized by Google

itself this increase augments in rapid progression, so that e. g. 100 volumes of river-water, at 6000 foots distance outside the mouth of the river, will according to the same calculation have grown to 552 volumes. That the velocity of the stream cannot decrease in the same progression, in which the volumes increase, I have before endeavoured to show; the figures here adduced can therefore give an idea, although imperfect, how much larger the stream is, which a river produces in the sea, than the original river itself. The examination of the velocity of the stream at different depths, etc., necessary for the complete discussion of the question, circumstances however did not allow me to undertake.

If the under-current here described were caused by differences of pressure, dependent on the difference of specific gravity between sea- and river-water, those differences of pressure would necessarily be very considerable, for they would have to drive the sea-water at least 12000 Mètres from the Kattegat to the mouth of the river, and when there to raise it from the lower to the higher level, press it in through the mouth of the river, and then drive it 5 or 6 Kilomètres up the bed of the river, in doing which it would have to overcome both the friction against the bottom and that of the powerful outflowing stream of the river. If we now cast our eyes on the table of the specific weights observed, we find, that, as regards the strata of water between the bottom and 2 fathoms depth under the surface, the specific weight of such a column of water, taken anywhere whatever, will be equal to or greater than the specific weight of an equally high column, taken at the station farthest out from land [1]). In order to account for the under-current we have also nothing left, but the difference of specific weight, which the pillars of fluid above the depth of 2 fathoms under the surface exhibit. If then we assume for the pillar farthest out to sea a specific weight of 1.0691, such as I observed in the Kattegat at Winga, and for the opposite side a specific weight of 1.000, the difference of pressure for a height of 2 fathoms will correspond to the pressure of 6 centimètres of pure water, which pressure would be attained only when the two extremities of the space were on the same level. But this last condition is impossible, for the tolerably strong stream of the river presupposes a certain inclination of its surface. In order that the level of the river at the

[1]) I may add that at that season of the year one does not in the Kattegat, outside the opening of the fjord, meet with sensibly heavier water, than at corresponding depth near the river-mouth.

Digitized by Google

highest point should be 6$^{cm.}$ above that at the mouth, it only requires an incline of 1, in 90000. Now, according to the measurements of the topographical corps, the difference between the rivers level at 14900 metres from the mouth and the mean height of the water in the fjord amounts to 27.6$^{cm.}$, which indicates an incline of 1 in 54000; throughout this distance the stream flows very uniform. If we further recollect that a great part of the preponderant pressure at the mouth would be employed in overcoming the friction of the outflowing fresh water-stream, so that not even the whole of the above mentioned 6$^{cm.}$ water-pressure should be available actually to drive the under-current forward, one cannot but conclude, that the supposition, that the under-current described is urged forward only by the difference of specific gravity, is in highest degree improbable, whereas the vis viva of the surface-current is evidently a power of sufficient energy to be capable of the effect here to be accounted for.

A river may therefore, as regards its effect upon the sea-water at its embouchure, be compared to a pump, the piston of which throws out as much water as it sucks up from behind; the force, that sets the pump-piston in motion, here corresponds to the river-waters vis viva. This relation ought to be of practical importance to many maritime towns, situated somewhat above the mouths of rivers. The sea-water, which for many purposes it is important to obtain, has to be brought from a distance of some miles to such towns, if it is to be taken from the surface. But by the force, we have here described, it is actually brought fresh and clear and almost undiluted right into the towns, where it is wanted.

With respect to the reaction-streams of rivers, lastly it deserves to be noticed, that they must play an important part in the case of sedimental depositions and delta-formations at the mouths of rivers. But as this question is foreign to the object of this essay, I shall not dwell upon it.

Inclosed ocean-basins, in which the rainfall exceeds the evaporation, are in fact nothing more than river-mouths of unusually large dimensions and we may therefore very reasonably expect to find again there the same phœnomena, that I have described as taking place at the mouth of Göta-elf, though on a different scale. If such a basin communicates with the ocean only by a narrow and relatively shallow channel, we may also, if we like, consider the surface-current in that channel as a new river, and the basin above it as a dilatation of the river. The chief difference, which the phœnomena of the streams in such a locality

Digitized by Google

present, as compared with ordinary river mouths, will then be the following. The under-current, which enters an ordinary river-mouth, meets a gradually diminishing depth; that, which enters the mouth of a channel, such as we are considering, soon arrives at a gradually increasing one. The stream therefore sinks to the bottom of the basin, fills its hollows, overflows its bars, whereby the water, that had previously lain at the bottom, is raised nearer to the surface. This water, thus raised to a level of greater extent, which was previously covered with still lighter water, diffuses itself there, and moreover is sucked to the borders and innermost branches of the basin by the reaction-streams, which the rivers produce at their embouchures. At these last spots the deep water rises most rapidly towards the surface, after having passed through many degrees of dilutation, and returns, mixed with river-water, to the ocean. The cause, which gives rise to all these motions is, in my opinion, to be looked for in the vis viva to be found partly in the superficial stream at the mouth of the basin, and partly in the much slower flow on the large surface of the basin, and lastly in the more rapid upper-streams in the vicinity of the river-mouths.

There is perhaps no branch of the ocean, where these streams have been developed in so copious and various a manner, as in the system of waters, that surrounds the coasts of Sweden. I proceed therefore, for the further illustration of the subject, to communicate the principal features of the water-circulation within that system, as far as it is, chiefly through my own researches, known to me. This system is, as is generally known, composed of a series of larger and smaller ocean-basins, separated from each other by promontories and island groups, which penetrates into the land in many sinuosities from the southermost point of Norway till Torneå, a distance in all of 1200 Engl. sea-miles. These different basins, each of which has its own hydrographical character, are the *Skagerack* and *Kattegat*, the mutual limit of which is the Skaw point, the *western branches of the Baltic* between Bornholm, Rugen and the Danish isles, the *Baltic* itself between Bornholm and the Åland group of isles, the *Bothnian sea* between the Åland isles and the contraction of the gulf called Qvarken, and lastly the *gulf of Bothnia*, the most northerly. The smallest channel of communication between these is that, which unites the Kattegat and the western branches of the Baltic. There, in the many straits between the Danish islands, the abundance of river-water, which the three last divisions receive, as also the under-current towards the Baltic must penetrate, and that under-current

Digitized by Google

has there to pass over bars, which have, at the most, 10 to 13 fathoms (18 ... 23 mètres) of water over them. Between the Danish Islands and the Skagerack the depth increases on the whole pretty uniformly to about 30 fathoms (54 mètres), though at places depths of 50 fathoms (89 met.) have been found. But in the Skagerack the depth increases very rapidly, so that between Jutland and Norway the depth sometimes exceeds 300 fathoms (534 met.) and reaches 100 fathoms (178 mètres) at many places near the Swedish coast. This deep channel, as is known, thence continues along the coast of Norway; its south terminus penetrates some distance into the Kattegat with a depth of about 50 fathoms (89 metr.). The oceanic under-current has then in this part a very free approach and the locality is accordingly characterized by *uniform saltness in deep water* and *variable at the surface.* At 340 fathoms (606 mètres) I obtained samples of 3.515 ‰ saltness; at 100 fathoms near the Swedish coast the saltness is 3.50 ‰, and at 10 fathoms (17.8 met.) I have never found less than 3 ‰. But at depths less than that the differences of saltness are far greater. The outflowing upper-current, in consequence of eastward deviation, keeps near the Swedish land, and by its bottom and west side affects the surrounding sea-water, thus producing a reaction-stream. The water, that flows in through the Skagerack, does not therefore go exclusively to compensate, in the form of an under-current, that water, which is carried off from the Kattegat and the inner basins by the surface-current, but a great part of it proceeds in the form of a stream, that reaches up to the surface, along the Danish coast towards the Swedish coast, to unite itself in the Skagerack with the outflowing stream, which falls into the North-Sea at the southern coast of Norway. Thus, while the saltness on the Jutland-coast approaches that of the North-Sea-water, that on the Swedish coast is only about 2 ½ ‰ in summertime; it moreover exhibits great changes at different seasons and under different circumstances, because the causes, which determine the strength of the surface-current and the efflux of the superficial water from the Skagerack, are subject to variation.

In the Kattegat the saltness of the surface-current is far less than in the Skagerack, because it has not yet received the above mentioned reaction-stream. In the northern part of the Kattegat the saltness is about 2 ‰, but in the southern parts the percentage sinks considerably below that. The saltness of the under-current is here also less, because it is here obliged to approach nearer to the upper fresher water-strata. Nevertheless the under-current in the south part of the Kattegat and in

Digitized by Google

the straits between the Danish islands can occasionally display almost the same saltness as in the Skagerack, as far as we can judge from the observations, taken at the stations established by D:r A. MEYER. Several causes may contribute to this, and more especially the velocity with which the under-current passes through the Kattegat; moreover under certain circumstances the character of the streams in the Skagerack and Kattegat may be completely changed, so that the superficial current also runs into the Baltic.

As regards the peculiar conformation of the sea-bottom in the parts we have just been considering, or the deep trough-formed channel, which extends along the Swedish and Norwegian coasts, it appears to me almost beyond a doubt, that it is the effect of the under-current, which has prevented there the deposition of the sediments, which now cover the bottom of the North sea. This however was most probably principally done at an epoch, when both streams, the upper muddy stream of riverwater, as will as the under-current, ran with far greater force than at present. The causes of such a state of the streams may be found in the latter part of the North-European glacial period. The quantity of river-water, which, when contemporaneously with the land's sinking the glaciers melted, was thrown into the ocean, must then have been far greater, and more loaded with mud than now, and the reaction-streams, occasioned by that river-water in the ocean, must have been all the more powerful for that the sinking of the land was not yet completed, and therefore the area for the section of the reaction-streams was smaller. That changes of this sort, such as channelling of the sea-bottom where the under-stream is rapid, depositions where stillness of the water prevails, etc., are still in progress is not to be doubted, and it would be an interesting geological problem to investigate more accuratly the effects of this kind, produced by under-currents.

The inner basins of the system before us, the Baltic, the Bothnian sea and the Gulf of Bothnia, unlike those above described, are characterized by *uniform saltness at the surface* and *variable in the deeper water* [1]). The quantity of fresh water flowing hither is subject to less sudden variations, and differences of saltness, which may take place at different spots, are more easily equated by the effect of winds in the extensive very slowly flowing surface. But the approach of the salt under-

[1]) This is the case at least in the Baltic, but as regards the «Bottenhaf» and the Gulf of Bothnia deep water observations are as yet wanting.

Digitized by Google

current, which prefers to run deep, is rendered very difficult by the narrow passages between the Danish Isles, and because various circumstances sometimes facilitate and sometimes render difficult the passage of the under-current through these apertures, the supply of that current's water is necessarily very irregular.

The southern part of the Baltic is comparatively shallow, seldom below 56° N. Lat. exceeding 50 fathoms (89 mètres); between the southern extremity of Sweden and the German coast the greatest depth is only about half that amount. Farther north to the East and North of Gotland we find depths of above 100 or even 200 fathoms (178 and 356 mèt.). From some experiments, which I made in the years 1870 and 1871 on the saltness of different depths in the Baltic [1]), it appeared among other things, that the saltness in samples taken at the bottom at depths of 20 and 26 fathoms (36 and 46 mètres) in the shallow line between Skåne and Rügen, that is to say at the entrance of the Baltic itself, was only 0.73 to 0.91 %, whereas 32 Engl. sea-miles to the East of Bornholm there was water of 47 fathoms (84 mèt.) depth with 1.44 %, and at 120 fathoms (214 mèt.) depth to the East of Gotland with 1.12 % salt, and at 160 fathoms depth (285 mèt.) 48 Engl. sea-miles N. of Gotland with 1.00 % salt. These facts place it beyond doubt, that the under-current in the Baltic is not continuous, but passes with greater or less strength and with longer or shorter interruptions over its bottom, filling its hollows.

Although the Baltic, the Botten-sea and the Gulf of Bothnia are but slightly separated from eachother, yet their waters at the surface differ largely in saltness, a clear proof that the superficial current, caused by the river-water, sensibly affects even these large surfaces, although it may be scarcely visible to ordinary observation. Samples, collected from the surface of the Gulf of Bothnia, display a saltness of trom 0.15 to 0.35 %, those from Bottenhaf from 0.48 to 0.51 %. The surface-water in the Baltic, according to the specimens I examined, contained from 0.72 to 0.79 % salt, the higher number belonging to the southern part; down to a depth of 20 fathoms (36 mèt.) the water showed scarcely any change of saltness. In the vicinity of the Danish islands the saltness of the surface-current is, as many have observed, rapidly increased, because it here comes more nearly in contact with the under-current,

[1]) The samples were collected by two younger scientific gentlemen Docent NAUCKHOFF and Docent ÖBERG, who accompanied a Swedish deep-sounding expedition.

Digitized by Google

drown up higher towards the surface; nevertheless the saltness there is very variable. Farther on in the Kattegat, as I have already mentioned, the saltness rises to 2, and in the Skagerack to 2.5 $^0/_0$ and in the Northern corners of the Skagerack sinks again to about 2 $^0/_0$ in consequence of the copious discharge from the Norwegian rivers.

If the level of the North-Sea was constant and the discharge from the rivers continued unvariable, and there were no other disturbing causes, the water-strata throughout the whole system would arrange themself in an unchangeable manner, dependent on the areas of the sections of the basins and the channels that connect them. The sp. gravity of the flowing water-strata, would then not, in my opinion, be the driving force for the streams, but it would be the decisive cause of differences of level, assumed by the surface-strata all the way from Lindesnaes to Torneå. These differences, causing the surface-stream, would of course be greater between different basins of the system, than between different points within the same basin. How great then is it possible for these differences to be? Between the North-Sea and Bottenhaf no level can be assumed at a greater depth than 23 mètres, without its being interrupted by land: hence the difference of level, due exclusively to specific gravity, between the North-Sea and the Northern extremity of the Bothnian sea, cannot exceed 0.546 mètres, assuming the sp. gravities of the waters to be respectively 1.0270 and 1.003; whence we obtain for the whole distance an incline of only one in more than three millions [1]).

The course of the streams within the above described system of waters is however disturbed by several causes. I have already shown,

---

[1]) From the above mentioned part of the Bottenhaf, i. e. from Sundswall to Levanger in Throndhjemsfjord, the Swedish Geological Bureau, in 1869 and 1870, caused a line to be levelled by Mr. A. BÖRTZELL, the Engineer, the details of which measurements were published in the »Kungl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar» for 1871. On this occasion it was endeavoured to carry the work to such a point of accuracy, as to control the statement concerning the relative levels of the Atlantic and the Bottenhaf. The water-level in Throndhjemsfjord at the mean between ebb and flood was then found to be 0.725 met. lower than that of the Bottenhaf at Sundswall. As however the two extremities of the line thus determined, have not yet been directly compared with the mean state of the water in the two seas, a strict conclusion can not be drawn from this levelling relative to the question here agitated. Nevertheless the result exhibits a remarkable agreement with that deduced from the specific weight of the waters, an agreement, which deserves a somewhat greater consideration from the circumstance, that the extremities of the line levelled were determined at just the same season of the year.

Digitized by Google

that the salt under-current in the Baltic does not flow constantly but by fits; also the proximity to the surface, which the ocean-water attains in the Skagerack, is different at different times. These disturbances are assuredly not merely accidental, but also of a regular and periodic character. They must in the first place be dependent on the different supply of river-water in different seasons; in proportion as the outflowing river-water is more abundant, the under-current will be more powerful, and the changes of saltness at different depths more sudden. The effect of the variation of the rivers on the waters level must however in these great basins be slow and easily compensated by the more rapid effects of the winds. In the summer-time westerly winds prevail in the Skagerack, which in a certain degree dam up the surface-current between the Swedish and Norwegian coasts. But if the water is dammed up in the Skagerack, it must also rise in the Baltic, and throughout the whole system of basins the thickness of the superficial fresher stratum is then increased. The under-current can under these circumstances be diminished, even though the supply of river-water be increased, and by diffusion and other causes the different strata of water will be more and more mixed. But in spring easterly winds are more prevalent, whereby the passage of the surface-stream out of the Skagerack is facilitated. By this the hydrostatic surplus-pressure of the superficial stratum is raised throughout the whole system of basins; the fresher water flows out more easily and the under-current accordingly may assume a livelier motion. At this time of the year the surface both in the Baltic and in the Kattegat is lowest, and the oceanic water in Skagerack is then found nearer the surface than at other times, a circumstance, which already in 1870 I explained as caused by the winds.

Furthermore the course of the streams at any time of the year, may be modified by variation of atmospheric pressure and by storms. Simply by variation of atmospheric pressure, which disturbs the order of the hydrostatic pressures down to the bottom, the direction of the streams may, without the cause being easily discovered, be reversed, and the double streams exchanged for single. Suppose for instance that over the whole of the Baltic the barometer sinks 30^{mm}, this must have the same effect on the differences of pressure on the two sides of a vertical section of the Sound, as if the water in the Kattegat had risen 4 centimètres. Streams would then under circumstances set in trough the Sound both on the surface and at the bottom. Again, if we suppose the water-strata to have assumed their normal position, so that differences of spe-

Digitized by Google

cific weight are balanced by differences of level, and the under-current into the Baltic driven only by the reaction of the outflowing surface-current, the occurrence of a great fall of the barometer over the North-Sea, or a great rise over the Baltic, might cause the under-current in the Sound to be reversed in consequence of the hydrostatic pressure in the Baltic being increased down to the bottom. A number of complicated cases are here possible, for example lastly among others, that by a rising of the Kattegat in consequence of the effect of the wind in the North-Sea, the Kattegat just arrived at the level of the Baltic and the bottom-water streamed into the Baltic only in consequence of its greater specific gravity [1]).

b) *Reaction-Streams arising from evaporation.*

When the water in an ocean-basin evaporates more rapidly than the fresh water from the surrounding rivers can compensate, its level must be lowered relatively to that of the ocean; the equilibrium between these water-districts is thus disturbed down to the bottom and the ocean's water flows in. The little additions of hydrostatic pressure, which the water in the first named locality experiences in consequence of the salt remaining there, gradually coalesce, and it is clear that, if the water were not changed, the higher water-column between the bottom and the surface at the basin's mouth might be at last balanced by the lower one above the level of that depth at the opposite extremity of the basin. The difference of pressure in the lower strata would thus be neutralized, but because the inclination of the surface still remains, a stream of less depth would constantly flow to the evaporating locality. But as soon as this state of things took place, or then at least, the in-flowing surface-stream must react on the subjacent stratum in the mouth, according to the laws above expounded. The surface-current therefore carries into the basin more water than what otherwise should be the consequence of the difference of pressure between the two water-regions, and by the abasement of level, which is caused at the mouth by the streams reaction, the equilibrium there again is disturbed down to the bottom. By this an undercurrent arises, which naturally will be

[1]) The account I have given of the streams in these basins, is partly founded only on theoretical grounds; we may however soon expect a more complete experimental investigation of these waters, carried out at the expense of the Swedish governement.

Digitized by Google

fed from the evaporating basin itself, thus discharging a quantity of water corresponding to the surplus carried thither by the surface-stream. This undercurrent penetrates trough the basins mouth into the ocean and there sinks in consequence of its greater weight. Provided the dimensions of the mouth afford sufficient room for this double circulation, the specific weight of the water in the basin can probably not attain such an amount, that a real surplus of hydrostatic pressure should take place from that side, were it not helped by the excess of water carried thither by mechanical reaction.

This appears to me likely to be the true explanation of the double stream in the strait of Gibraltar. The theory, which attempts to account for the under-current exclusively by the greater specific gravity of the Mediterranean's water, is besides destitute of the necessary foundation, as long as we know nothing about the relative height of the levels. The chief difference between the currents of Gibraltar and the Sound appears to me to be, that in the first case the surface-current flows from a locality with constant level to one, where the level is always sinking, whereas in the second case it flows from a region, where the level is always rising, to one, where it is constant.

In further confirmation of this view I may be allowed to adduce an experiment, which I made to convince myself, that a double stream of this kind may be produced independently of the specific weight of the water-strata. In a box of 12 decimètres length and $1^1/_2$ decimètres broad and deep I set up for the purpose a vertical partition in the middle, in the upper part of which was an opening, about $^1/_2$ decimètre broad and 1 dec. deep. The box was filled with fresh water and a stream, yielding only about 100 cub.cent. per minute, was conducted to one end of the box behind a pack of hards there put in, which caused the stream to be uniformly distributed; at the other end of the box the water escaped through a hole at the surface. Then on immersing a glass rod, wetted with a solution of aniline, perpendicular to the bottom of the box, I could by the diffusion of the colour observe the slight motion of the water at any depth. When the rod was placed at the opening in the partition, a constant under-stream was observed to flow from the division of the box, from which the water escaped, to that, into which it was admitted. This stream was then analogous to that, which exists between the Mediterranean and the ocean, with merely the difference, that in this case the water flowed instead of evaporating from the surface, and that no salt was present.

Digitized by Google

On another occasion I poured into the box a solution of common salt to about half its depth and then filled up carefully with fresh water. I then let it stand for some hours to allow strata of different saltness, but in perfect equilibrium, to form themselves, and then repeated the above experiment with the weak stream. At the aperture of the partition I thus obtained four opposite streams, viz: at the top one outflowing, under which was one flowing inward; under this was on outflowing and then again an inflowing stream. The difference between this and the preceeding experiment is easily accounted for by what I have above said about the shallowness of surface-currents, when the difference of specific gravity is great; in this case both the surface-current and its reaction-stream were so shallow, that the remaining depth of the orifice was sufficient for the latter to produce its own pair of reaction-currents. This phœnomenon will no doubt be met with in nature.

Before quitting the question of the reaction-streams, I beg to recapitulate partly the result of this special research, and to examine from my point of view some circumstances, which may be of importance in forming a clear notion of the ocean-currents properties and movements.

If a free ocean-current be supposed to move under such circumstances, that the loss of vis viva, which it suffers from the resistance of friction at every point of its course be always compensated from some constantly active source, the mass of water, which the stream carries by in a unit of time, would continually increase; for the streams velocity then decreases more slowly than its mass increases (pag. 18). Although I might not try to calculate the influence on the velocity of an oceanic stream, arising from the conversion of a part of its vis viva into heat, nevertheless it seems probable, that the state of the case not will be entirely changed by this little loss of vis viva. At all events the mass of the moving water will be considerably enlarged by the mecanical reaction of the stream on the neighbouring water-strata, and in general I think we may say, that *effusions of lighter water on the Ocean produce much more powerful and more lasting currents, than what from their original mass one would have expected.* — This circumstance has without doubt been too much overlooked, thus e. g. by Maury, when from the section and velocity of the Gulf-stream at the *Florida* passage, compared with those at *Cape Hatteras* he endeavours to calculate the inclination of its under surface [1]).

[1]) Maury, Phys. Geogr. of the sea, 1872 p. 27.

Digitized by Google

If an ocean-stream move forward in a mass of water, either at rest or having a slower motion in the same or any other direction, the mass of the former will during its progress continually increase, while that of the latter diminishes; *for the more rapid stream will communicate its motion to the water-molecules of the latter.* Hence arises the sharp definition of the streams, apparent even in the free ocean, which has so often been an object of wonder to travellers. The mixture of the waters of the different streams, which is formed at the place of contact, is in fact carried off in the more rapid stream, in which is it absorbed. In most cases the more rapid stream is a surface-current of lighter water. The water of it, that mixes with the surrounding heavier water, does not therefore continue to run as an intermediate stratum between the streams, but it sinks into the lighter stream, though not beneath it, as being lighter than the slower stream's water. The sinking mixture is replaced by other water, flowing from the middle towards the sides of the stream, and thus arises within the constantly advancing stream an inner circulation in the place of its section. By this inner circulation an on the whole perpetual, though ever less and less marked difference is maintained between this stream and the more slowly flowing heavier water, the properties of which remain almost unchanged; for, though it parts with some of its water, it receives none. This circulation, which is also reinforced by the difference of pressure between the two streams, is also probably the cause of the tendency, which free ocean-currents (e. g. the Gulfstreem) display, to split longitudinally into new streams.

In some places, as e. g. along the Swedish coast of the Skagerack, it happens, that of two streams, running beside eachother, that with the heavier water is the more rapid. In these cases the circulation just described takes another course, in that the mixture of lighter water, which the heavier current continually acquires, flows upward. It then happens, that for a moderate wind the undulations will be more feeble on those parts of the heavier stream, which are contiguous to the lighter water; for new masses of water, hitherto unaffected by the wind, are there constantly rising to the surface.

Surface-currents of lighter water have a tendency to diffuse themselves, partly in consequence of the new water that they acquire, as also in consequence of the greater lateral pressure due to their higher level; this will be the greater the lighter the water is in comparison with that around. An ocean-current of warm but salt water, such as the

Digitized by Google

Gulf Stream, can therefore by no means have the same tendency to diffuse itself which a fresh-water-stream from a river has. It can therefore long proceed in the form of a free-flowing ocean-current, and so much the more as its tendency to diffusion is counteracted by its vis inertiae in the same proportion as its velocity is great. It must for this, like fresh-water streame in a lake, produce reaction-streams on both sides as well as beneath itself. Undoubtedly the Gulf-Stream thus contribute greatly towards producing the circumstance, that the Polar-water along the Eastern coast of America penetrates in the form of a superficial current so far to the South, and also the under-current, which proceeds towards the Gulf of Mexico, must in a great measure be produced by it.

C. THE VARIOUS CAUSES OF THE OCEAN-CURRENTS, WORKING IN COMBINATION WITH EACHOTHER ON THE WATERS OF THE FREE OCEAN.

I have in the preceeding pages endeavoured as far as possible to illustrate separately each of the different causes, which give rise to ocean-currents, as well as the various kinds of streams thus originating. But it is self-evident, that the Ocean-currents, such as they in nature present themselves, must, both as regards their force and their course, be determined by many or all of these causes contemporaneously, and this the more so, the more extensive the currents are. The original prime-movers, heat, evaporation, rainfall and wind, act in reality with very different average force and in a very different manner in different parts of the current's course, to say nothing of their variation with seasons of the year etc., and of the irregularity of the winds and atmospheric pressure; this obtains especially as regards the oceanic surface-currents, which in their long course are exposed to all the vast differences of meteorological circumstances, which take place on the surface of the earth. Every stream outside the region, in which its driving-force is especially active, must associate itself with some other movement of the ocean, and its course will therefore be materially influenced by the circumstances, which render such a combination with other streams possible. The reaction-currents, which it causes, may again give rise to other similar streams, and besides the reaction-streams can sometimes affect both the form and direction of the original current, which is moreover so essentially influenced by the contours of the bottom and the shores.

Digitized by Google

Even if hydrodynamical science were sufficiently developed to treat this complicated problem, it would in the outset be stopped by want of a competent body of observations. Although therefore there is but slender prospect of science being soon in a condition, fully to comprehend all the causes of the vast current-motions in the open ocean, we may nevertheless seek to approximate to that interesting subject of human research, in order if possible at least to discover, what circumstances must in the first place be investigated in order that the question may receive its proper solution.

If we set out from the principle, that with exception of the streams, caused by the winds or by other streams, the ocean-currents are originally produced by differences of level, and if it be further admitted, that it is the unequal distribution of heat, evaporation and rainfall, which chiefly gives rise to these differences, it would seem desirable in the first place to inquire, how much the level of the sea in a certain region may be altered in a unit of time by each of these causes, supposing no motion for the moment to take place.

As regards the first, viz: *the changes of level caused by heat*, there is only one way of determining them, namely by calculating the absolute quantity of heat, which the sea within a given region acquires or loses in a given time; from the increase or decrease of warmth, thus obtained as a result, the change of level must be deduced. As regards the possibility of such a calculation, we may in the present state of science assume, that no sensible amount of warmth can now be communicated to the ocean through the crust of the earth. But the amount of heat, derived from the sun, is not only dependent on the sun's position and the loss of heat, caused by the atmosphere's absorption and by the reflection of the heat-rays from the surface of the sea, but also on the more or less regular nature of these. If the surface is smooth, the sun's heat penetrates deeper; if agitated, a greater portion is retained in the superficial stratum, and heat is more employed in forming vapour than in the other case. The mean force of the wind has therefore here influence, so much the more, as it is also for other reasons favourable to evaporation. The heat lost by evaporation and also by radiation, which quantities are very considerable and the greater the warmer the water previously was, must be deducted from the sunheat received. In such a calculation it would be a mistake to neglect the atmospheric heat. The heat, which the sunbeams leave in the atmosphere, and that, which

Digitized by Google

is there set free when the evaporated vapour is condensed, is again in part communicated to the sea by the winds, or, if one prefer to say so, serves to reduce the loss of heat caused by evaporation. In consequence of the rapid changes of the atmospheric strata over the ocean-surface the quantity of warmth, thus afforded by the winds, ought not to be destitute of effect. In other regions again the surface of the sea may from an analogous cause suffer a loss of heat. Lastly the conversion of motion into heat has in various ways an effect on the sea. The streams, that circulate there, are continually resisted in their motion by resistance of many kinds. Thus the whole of the very considerable force, required to over-come this resistance, is converted into warmth, as also on the other hand every raindrop, that falls upon the surface, must there set free a certain amount of heat, when its falling velocity is stopped. The vis viva, which the winds contain, sets the ocean into an undulatory motion and on their cessation there remains, as a consequence of this motion, a certain amount of heat, which the ocean has acquired, unless it should merely have served to compensate the loss of heat through evaporation.

Again to determine the *depression of level caused by evaporation* two methods are available: either to *endeavour to determine it by direct observation,* or to calculate it *from meteorological observations of the locality, having first fully ascertained the law of evaporation.* The first process has been tried, but the observations are, it is known, so few and conducted in such a manner, that the important question of evaporation from the ocean's surface must as yet be considered as unanswered.

The change of level, resulting from rainfall, would at first sight appear relatively easy to be determined. But as in this case the water received from rivers and from the melting of ice, produced by the snow-fall in the polar regions, must be taken into account, this question also becomes difficult. We thus find, that no one of these three principal questions can in the present state of science be answered, without leaving a very large margin of uncertainty. An especial hindrance in this case is our want of accurate knowledge as to the amount of evaporation, a quantity, which would be so necessary to know both for its own sake and for the calculation of the warming and cooling of the ocean surface. We have accordingly no other alternative, than to attempt an approximate estimation of the said quantities' greatest or least value and to see what conclusions may be drawn from them.

Digitized by Google

According to Pouillet's researches on the amount of heat, radiated from the sun [1]), compared with Meech's work »*On the relative intensity of the heat and light of the sun*», there must daily fall throughout the whole of the torrid zone on an average 75.3 [2]) kilo-units of heat on every square decimètre of surface. Let us suppose that this quantity of heat, deducting only one fourth for atmospheric absorption, i. e. 56.5 kilo-units on the square decimètre, is taken up by the sea-water, and that the quantity of heat contemporaneously communicated to the Arctic zone is = 0; we have thus, with respect to the quantity of heat absorbed, placed the calculation in a footing far too favourable to the former region. The loss of heat through evaporation and radiation must be immensely greater in the Torrid than in the Arctic zone. But let us suppose them equal, or, in other words, take no account of these losses of heat in calculating the difference of level between the two zones which the phœnomena of heat would produce. We may in this case be sure, that we shall not find the difference of level, caused by heat, too little, even though we should neglect the influence, which the atmosphere may have on the sea's temperature, as also that arising from the conversion of motion into heat; as regards this latter we have moreover as yet no reason to suppose, that any greater difference of temperature between different regions of the ocean would be caused by it. The maximum difference of level, which the effect of temperature could produce in a day between the sea-surface in the Torrid and the Arctic zones, we should therefore find by calculating the dilatation of the water, which an accession of 56.5 kilo-units of heat on every square decimètre of the surface would produce. If we for this purpose calculate the dilatation of a column of water 56.4 decimètres high, when the temperature is raised from 24° Centg. to 25°, we make the calculation in a manner too favourable to the greatness of the dilatation. But the dilatation is nevertheless only $1\,^{6}/_{10}$ millimètres.

However imperfect the observations of evaporation may be, we may nevertheless with certainty assume, that the change of level, produced by it in a day within the Torrid zone, is considerably more than

[1]) According to this determination every square centimètre of the earth's surface would receive 231000 gramme-units of heat from the sun yearly, if there were no heat-absorbing atmosphere and the heat, communicated to the earth, were uniformly distributed on the surface.

[2]) On a narrow belt just at the equator itself the cipher is a trifle larger and goes up to 77.3.

Digitized by Google

1.6$^{mm.}$ According to observations, which I have lately caused to be made on a little island in the Skagerack, in which the evaporation is measured in evaporimeters of portland-cement with surfaces of between 4 and 5 square mètres, it amounts there (in 60° N. Lat.) on an average to 5$^{mm.}$ a day during July and August. [1]). Hence, even if we do not lay to much weight upon the statements of daily evaporation of 13$^{mm.}$ within the tropics, we may nevertheless rest assured, that the evaporation in that extensive and with rain ill supplied region of the ocean, which is swept over by the trade-winds, *must produce a far deeper hollow, than can be filled up by the dilatation of the water there occasioned during the same time by the solar heat.*

While the amount of evaporation decreases in higher latitudes, that of rainfall increases. Within the ice-covered regions of the Arctic zone the evaporation is very nearly = 0. The precipitation of atmospherical moisture however continues to display its activity by depressing the masses of ice beneath the weight of new layers formed upon them, and by the ice-blocks detached from the glaciers. But of the two kinds of motion, which, as I have shown above, rainfall occasions in the ocean, the one is exactly similar to that produced by evaporation, so that *rainfall in higher latitudes has just the same effect on the ocean's movement as evaporation in lower.* Evaporation in fact disturbs the equilibrium down to the bottom, and thus causes throughout the whole area of the section an afflux to the evaporating region. Rainfall, as long as the fall continues, also disturbs the equilibrium all the way down to the bottom, and causes an efflux from the region, where it falls. The other effect, produced by rainfall, consists in a perturbation of the equilibrium of the superficial strata, which continues long after the rain has ceased to fall, whereby, unless the motion be prevented by other causes, a surface-stream of more durable character must be produced, followed by an inward flowing current beneath it.

Already the difference of level between the equatorial and polar tracts of the ocean, which was caused by evaporation, was much greater than the opposite difference caused by heat. By the effect of rainfall, which may be considered as a complement to evaporation, this level-

[1]) Of these observations, which have originated in the interest taken in the question by the Göteborgs Hushållnings Society and the Lord-Lieutenant of the district, Count EHRENSVÄRD, I hope hereafter, when they have been continued some time longer, to give a fuller account.

Digitized by Google

difference will, as we find, be largely increased. What then ought to be the final result of these changes of level? Will it be a single current towards the equator, driven by the difference of level arising from evaporation and rainfall, diminished by that arising from heat? Or will it be two opposite streams, the one driven by the former difference undiminished, and the other by the latter difference? The answer to this question is evident from what has preceeded. The difference of level, produced by the combined effects of evaporation and rainfall, disturbed the equilibrium of the ocean down to the bottom, that arising from heat disturbed it only to a certain limited depth. The result will accordingly be two streams, one of large section, towards the equator, the other a shallow surface-current of warm water, from the equator; and the former stream, as being caused by a more rapid change of level, will carry towards the equator far more water in a unit of time, than the latter will carry from it. In addition to these two motions there will be a third, viz a surface-stream, descending towards lower latitudes, caused by the disturbance of the superficial strata's equilibrium, which was the second consequence of rainfall.

The origin of these vast streams then is to be looked for in disturbances of the ocean's level so small, that their daily amount can only be expressed in millimètres and fractions of millimètres. But, when these little changes of level begin to work upon the quiescent mass, the difference of level increases in a more rapid ratio than the stream it produces, and, when both at last have reached a constant state, the difference of level may easily be considerable.

From the fact, that the change of level produced by evaporation and rainfall is greater than that resulting from heat, we are not forced to conclude, that the sea-level around the polarcircle is higher than at the equator: for the descending current, which the former in combination produce, has a far greater depth than the ascending warm stream, and the difference of level, which occasions the former stream, may therefore much sooner arrive at its maximum than that, which has to drive the latter. As regards this question I may refer the reader to what I have above more fully said, regarding the motion of surface-currents in comparison with under-streams.

In order to get a clearer view of the nature of the streams before us, let us first endeavour to understand how they might originate, if the ocean were previously at rest. Here we must recollect, that, since the maximum density of sea-water takes place at — 4° Centig.

Digitized by Google

its dilatation through heat will already be tolerably rapid at a temperature as low as + 4° Cent., and that the dilatation, though it really increases at higher temperatures, does not increase so rapidly as at lower. The following little table, which indicates the increase in volume, which 100,000 volumes of sea-water acquire for an increase of 1° Cent. of heat, and beside which I have, for the sake of comparison, placed the corresponding ciphers for pure water, will make this evident [1]).

Temperature, between:	Sea-water, 3 1/2 % salt.	Pure water.
— 1° and 0°	4.5	
+ 4 » + 5	10.6	0.9
+ 9 » + 10	15.6	7.6
+ 14 » + 15	20.7	13.9
+ 19 » + 20	24.8	19.7
+ 24 » + 25	28.8	24.9

We see here that the dilatation of sea-water at the temperatures, which take place in the superficial strata of the warmer seas, is not so much greater than that of pure water, although at low temperatures, which even there may be met with deep under the surface, it can be 10 times more rapid. Evaporation on the other hand at low temperatures is small, but increases very rapidly with increased temperature. The influence of the sea-salt in hindering evaporation is more sensible at low than at high temperatures, although that influence of 3 1/2 p. c. salt is in general very trifling.

Let us suppose the whole ocean to have had a temperature of for example + 4° Cent., and that the unequal distribution of the solar heat were just beginning to influence the surface. As the evaporation of the water would at such a temperature be slow, whereas its dilatation would already be tolerably rapid, the first effect of the heat ought chiefly to be a surface-current from the equator towards the poles, followed by an under-circulation in the opposite direction, as I have shown in explaining the streams produced by heat. This under-circulation will

[1]) The base, on which the calculation is made, is, for pure water HÄLLSTRÖM's tables and for the salt-water the tables in my work: »Om Hafsvattnet vid Bohusländska kusten», Kongl. Sv. Vet.-Akad:s Handlingar 1870. I have there among other things given complete tables of the volume of sea-water from — 5° Cent., determined with the dilatometer and calculated by the Method of least squares, for saltness of 2, 2 1/2, 3 and 3 1/2 per cent.

Digitized by Google

soon increase in proportion as the beginning evaporation causes a similar motion. The difference of level, which evaporation and subsequent rainfall produces in a unit of time, will be after a while, in consequence of the increased temperature of the water, first equal to and then greater than that arising from heat; and it would seem as if the warm surface-current ought in consequence to diminish and ultimately cease. Without entering into the question, whether at any stage of the current's developement any such event take place, it is clear that when the temperature of the sea-water has reached the maximum, which is determined by the limited accession of heat and the constantly increased loss of heat, the evaporation and rainfall will generally spoken be constant, and thus also the change of level, which they produce at a certain place in a unit of time, will be a constant quantity. But in consequence of this, the *difference* of level, caused by the above named *changes* of level, must after a time obtain its maximum, on which the afflux to the evaporating region must become constant. The sinking of the surface through evaporation is then always compensated by afflux, and the level in the evaporating locality is thus maintained constant. If we now even suppose, that the surface had assumed a slightly hollowed form, the hollow would soon be filled up by the effect of the heat. The arriving water would remain there, its saltness and weight would be more and more increased by evaporation, and soon a vertical circulation would arise; this circulation would indeed be limited because of the greater density, which the lower water-strata have from their low temperature, but that limit would be continually lowered by the sinking molecules, which would also carry with them into the deep the warmth they had acquired at the surface. Thus the thickness of the warmed stratum must always increase and consequently its level be raised, until it came to coincide with that that of the surrounding water. The heated water would then begin to flow out over this last, and the heat to produce its surface-stream, just as if no hollow had been formed by evaporation.

We must not overlook the circumstance, that in this case the levels of the water-strata have not been, according to the common rule, determined by the proportion of their specific gravities. The warmer water beneath the especially evaporating region assumes a much lower level, than it according to its specific weight ought to occupy, and thus exercises a far less hydrostatic pressure than the surrounding colder water. But just on this account this latter can flow in as if into a hollow formed by evaporation, though no such hollow be there. An

Digitized by Google

essential condition for the circulation, caused by the united effect of evaporation and rainfall, taking the form here described, is the temperature of the water in the less evaporating region. I we supposed e. g. that the warm surface-current preserved its once assumed temperature, instead of cooling in the higher latitudes, the whole mass of water must ultimately be raised to a high temperature, in which case it seems possible that the molecules concentrated by evaporation might sink down, so that the circulation went out from the most heated place into the deep. The afflux would then take place from the surface, as is the case in the Mediterranean, where the course of the stream is confined to about the same latitudes, instead of crossing them as in the ocean. This mode of circulation in the Mediterranean is however also especially favoured by the small dimensions of the opening for the admission of the inflowing water relatively to the surface exposed to evaporation.

I have endeavoured to show, that in the hotter part of the ocean in consequence of evaporation, rainfall and heat, there ought to be formed a broad and deep hollow filled with warm and salter water; that this hollow is continually filled up from below by two deep streams of cold water, one from each pole; that the greatest part of the confluent water evaporates between the tropics, but that another part flows back again over the edges of the hollow in the form of a shallow broad stream of warm water, and that this warm current ought at a certain latitude to be met by another superficial current of cold, but less salt water, arising from the perturbation of the superficial stratas equilibrium, which the rainfall in the high latitudes had left as one of its consequences. These results show, as regards the course of the surface-streams, a by no means unimportant deviation from the phœnomena, which the ocean actually presents. Let us therefore see, whether we have taken account of all the most essential forces, the combination of which produces these currents.

By the rotation of the Earth the streams proceeding towards the poles receive an impulse towards the East, those descending from the poles an impulse towards the West, and even in this a reason is apparent, why the ascending warm and descending cold streams should be able to pass by each other, each on its own side of the channel, instead of coming in collision; but there remains an other and probably still more active force to be taken into consideration. The broad belt of warmed water between the tropics is attacked by the trade-winds in two concurrent directions, viz: from N. E. and S. E. The water's ten-

Digitized by Google

dency to flow out to the North and South is thus counterbalanced, and at the same time it is continually driven towards the west, until that motion is limited by encountering a continent. The effect of the solar heat upon the sea-water must therefore here be collected as if to a kind of focus, for the level will here be elevated by the dilatation, that the water has undergone in its passage over the whole region just mentioned, and by the trade-winds, heaping up the warmed water on the coast. This water can here flow off with so much the more force, as the effect of the said winds in the vicinity of continents is debilitated and becomes irregular. Instead of the relatively thin, weak and easily chilled surface-stream, which the heat could have produced, if the stream had been spread over the ocean's whole breadth, now appear the ocean-currents, known under the names of the *Gulf-stream* and the *Kuro Sivo,* which as well by their power as their other properties have beyond others attracted universal attention; freely floating streams of warm dark-blue water, moving with considerable velocity in a bed of more diluted, cold, and discoloured water from higher latitudes, which they draw to themselves powerfully by mechanical reaction, and with which they present the most marked contrast. Their contracted form and great velocity render them peculiarly fit to convey to higher latitudes the solar warmth, which the sea has acquired between the tropics. The amount of heat which they themselves in consequence of mechanical resistance develope, even though small relatively to the mass of water, must nevertheless in such respects be greater than that of most other ocean-currents. During their progress in a North-Easterly direction, they increase vastly in mass, but become less rapid and less distinctly defined, in full accordance with the general laws of a surface-current's motion, which I have endeavoured to develope in the preceeding pages.

From the causes assigned as the origin of the Gulf-streams, if we may use that name in a general sense, one would evidently be led to suppose that the Gulf-stream of the Pacific ought be far more powerful than that of the Atlantic. I need not touch upon the known circumstances relating to the contour of the continent's eastern coast-line, which so essentially contribute to increase the intensity of the Atlantic Gulf-stream and to reduce the lateral efflux of the equatorial stream, before the current has yet reached the regions, where the Gulf-stream properly so called developes itself. Neither can the great quantity of river-water, which is poured out into the Gulf of Mexico, or is carried thither by the equatorial stream, fail to exercise an influence on the

Digitized by Google

strength of the Gulf-stream. Even if the access of river-water and the greater amount of rain in the Gulf of Mexico are not sufficient to produce an absolute rise of the water's level, they must at any rate operate essentially to prevent a sinking of the surface through evaporation, and thus effect a rise relatively to the ocean outside the Gulf. To this must be added also the influence of the reaction-streams of rivers, if indeed these, as is probable, are fed from the ocean itself. We should remember that river-water, which is poured into an ocean-gulf, even if it had just time to evaporate before leaving the gulf, must nevertheless produce an out-flowing stream, because the reaction-currents, which the river-water has drawn into the gulf, must somewhere or other find their way out again.

But one of the chief causes of the strength of the Atlantic Gulf-stream and of the great extent towards the North-east of the surface-drift, which forms a continuation of its motion, I conceive to be the free communication between the Atlantic and the Arctic-Oceans [1]), and the relation that thence arises between the two surface-streams, namely the ascending warm and salt, and the descending cold and diluted. We remember that this latter stream was a secondary effect of rainfall, rain-forced by the surface-stream, which cold produced by forming ice, which is afterwards dissolved by the water. It may perhaps seem as if this descending stream ought, if the above given grounds for the explanation of the ocean-streams be accepted, to oppose an insuperable obstacle to the progress of the ascending stream, in as much namely as the changes of level, that give rise to the streams, appear to operate at every instant to establish a higher sea-level in higher than in lower latitudes. But we must recollect, that the causes most effective towards this end, viz: the absolute amount of rainfall and evaporation, produced a very deep stream and thus in proportion to the greatness of the change of level, a relatively small difference of level. This difference might further, as I have above shown, be compensated by the effect of heat, without the surface-current, which was produced by heat, being debilitated.

The difference of level again, which causes the descending surface-current, depends exclusively on *the relation between the surface-stratas specific weights*, and must therefore be very small, and does not, as far

---

[1]) Dr. CARPENTER has experienced the same opinion though upon different grounds, namely on the ground of a supposed suction, occasioned by the water sinking in the cold polar regions of the ocean.

Digitized by Google

as one can see, acquire any increase from any separate circumstances. The stream, already from its commencement diffused over a tolerably wide surface, presses itself in consequence of westward deviation towards the American coast line, by friction against which it must lose a portion of its power. As regards the ascending stream, the differences of level, which drive it, are also originally but small, consisting of a change of the water's volume through heat. Of itself that change of volume would probably only have produced a very shallow and feeble stream. But we have seen how that stream by the agency of the winds has had its starting point removed to the Eastern coast of America, there acquired an increased driving force in the difference of level, caused by the trade-winds, and then, after having been further reinforced by the effects of other circumstances, let out with collected forces to find its way through the free ocean. I suppose that, when all these circumstances are taken into consideration, the grounds here assigned as the origin of the streams will not be found contrary to our experience of the course of these surface-currents, even though we cannot give a numerical proof of their correctness.

To resume now the thread of our explanation, which has been for a moment broken off, I must remind the reader of what I stated some time back, that every ocean-current must have its course in a certain measure dependent on the possibilities, that are presented of its combining with other ocean-currents. Both the ascending warm surface-stream and the descending cold must by mechanical reaction give rise to an afflux of water to the region, where they pass. The descending stream has its origin partially from the Icy ocean on the North of Asia; this stream unites with one descending between Spitzbergen and Greenland, and lastly we may add the stream coming from Baffin's Bay and the neighbouring tracts. Throughout the whole of this long line the cold surface-current must evoke reaction-streams, with which the warm ascending stream can combine, and in this I see a separate cause, why the Gulf-stream after having long previously lost its proper intensity and its marked character as a stream, nevertheless continues as a drift stream to extend itself past the coasts of Scandinavia up even to Spitzbergen and into the Asiatic Icy Ocean. The Gulf-stream must in turn bring about a reaction-stream in the opposite direction, with which the cold descending surface-stream can partially unite. Whe have thus, in addition to the above adduced principal cause for a descending cold

Digitized by Google

under-current in the Atlantic, another though of subordinate importance and more local operation, viz: the Gulf-stream's mechanical reaction.

This combination of the streams with each other is facilitated by a cause, which has been by some asserted to be the only cause of the surface-stream's conversion into under-streams, viz: the relations of temperature. The salter water of the Gulf-stream ought namely, after being cooled in the higher latitudes, to sink down below the polar currents fresher water, and this latter, as being colder, should sink below that of the Gulf-stream in the places, where that stream retains a higher temperature. If now the ascending warm stream attaches itself as a rection-stream to the descending cold current, it ought somewhere or other in the Polar regions to rise again to the surface, whereby it is chiefly diluted and cooled by the melting of ice. The in my opinion not improbable theory of an open Polar sea has, as in known, been based upon such a reappearance of the warm stream. With the great descending under-current, caused by evaporation and rainfall, and to the formation of which the trade-winds may also contribute, we need not suppose any separate stream to unite itself, for it is dependent on a disturbed equilibrium throughout the whole mass of the ocean. It seems however probable that the cold descending surface-stream in a great measure loses itself in it; if it should be connected with any vertical circulation of great extent, taking place within the Polar tracts, we may find a cause for this in the concentration of the water by the formation of ice at the times and places, when and where that process takes place. But our knowledge of the water's motion in these regions is in fact to limited, to warrant any general conclusions relative to its causes.

The special object of this work has not been to explain certain particular ocean-streams, but rather to seek out the causes, in which ocean-currents in general originate. But an important touchstone for the correctness of a theory is the trial, whether the phœnomena, actually presented by nature, can by it be explained in a clear and satisfactory manner. It was therefore especially with respect to reaction-streams desirable to endeavour to apply the theory to some particular case, where the circumstances, which may give rise to such streams, seem to be present in abundance. The explanation of the currents in the Scandinavian waters and in the Strait of Gibraltar would thus be a secondary result consequent to the proving of the theory's applicability. For the same reason it appeared to me desirable to inquire, at what conclusions, with

Digitized by Google

respect to the course of the ocean-currents, we should arrive, if we endeavoured to form an idea of what motions those causes of currents, which in the earlier part of this essay we have treated separately, would produce in the free ocean. It here appeared, that only in the case, when we take into account all the above named causes, these motions seemed to correspond with those, presented by reality in a perfect segment of the ocean, e. g. the Atlantic between the equator and the North-pole. As now these forces are evidently of such a nature, that in a complete segment of the Ocean they must all come into operation, this circumstance appears to me to be a proof of the correctness of the view taken. I have also taken the opportunity to point out the need of thoroughly investigating certain data, which have hitherto been much neglected, as being necessary for the quantitative determination of the causes of the streams, which should be one of the principal problems of hydrography. I place among these in the first place the amount of evaporation and, wherever it can be carried out, the determination of the mean water-level in different portions of the ocean.

If we take a general view of the effects, produced upon the ocean by the different forces which originally set its water in motion, we find, singularly enough, that each of these forces produces both of the kinds of stream, of which I have been endeavouring to explain the essential difference viz: a surface-stream, caused by a limited, and a deep-stream by an unlimited disturbance of the equilibrium. *Heat* produces a surface-stream by warming the water and a deep-stream by evaporating it. *Cold* can produce an under-current by the contraction and still more by the concentration of the water, but it then leaves at the surface a tendency to disturbance of equilibrium, which shows itself in the form of a surface-stream on the melting of the ice. *Rainfall* causes a deep-stream as its immediate consequence and a surface-current of lighter water as a secondary effect. *Winds* occasion directly surface-currents, and deep-streams by changing the level. *Rivers*, and similar constant out-pourings of lighter water, give immediately rise only to surface-streams, but produce under-currents by mechanical reaction; streams of this latter kind often accompany even the above mentioned. The specific gravity of the water plays in all these cases a very varied, but in some or other respect always important part. It usually determines the level of the water-strata, but not always. As to the origine independent of the variations of specific weight are especially the

Digitized by Google

streams caused by the winds, the reaction-streams, and also the in my opinion most mighty of the ocean-currents, viz: the deep streams towards the equator produced by evaporation and rainfall.

Although I am fully persuaded, that many particular phœnomena concerning the ocean-currents, with which I have been here engaged, might receive their proper illustration by the application of the principles above laid down, as also that the phœnomena of the ocean-currents in other parts of the ocean than the North-Atlantic may be explained by them, I confine myself here to the general application of these principles, which I have already made, partly because this has been sufficient for my main purpose, and partly because my time, occupied as it is by quite different objects, does not for the present admit of my extending this investigation further. This last circumstance is also the reason, why I have not more perfectly touched upon the works on the same subject put forth by other investigators of nature. The observations of the water's saltness round the Swedish coasts, that I have from time to time for several years collected, have in fact only lately led me to endeavour to deduce from them results of more general importance, and if in setting forth these I had been able to pay to the literature of the subject as much attention as might have been desirable, I should have been obliged to defer their publication to an undetermined time. If therefore, as may very possibly be the case, I may have happened to overlook any important matter, which has been illustrated by others, I must beg that the circumstances here mentioned may be taken as an explanation of the omission.

The author, whom I have principally studied, and whose name I can not mention without a feeling of revence for his genius and activity, and of thankfulness for what I have learned from him, is Maury. With the noblest devotion to his subject and led by the true instinct of the student of nature to examine everything, he endeavoured to take into account all circumstances, which might contribute, however little, to the explanation of the currents and circulation of the Ocean. The original dependence of these on the unequal distribution of the solar heat he most profoundly comprehended, and being thoroughly acquainted with the phœnomena of the ocean, the differences between the streams, that arise in salt and in fresh water, were well known to him. But just this last circumstance seems to have led him, amongst the many various effects, into which the influence of the solar heat on the ocean divides

Digitized by Google

itself, to seize for the explanation of the ocean-currents almost exclusively upon one, viz the changes in the sea-water's specific gravity, and to deduce these streams only from the greater hydrostatical pressure of the heavier water. He carried that theory, which seemed natural for the course of the developement of science, as far as it well could be carried. The explanation of the origin of the ocean-streams was moreover only a subordinate side of the magnificent diligence, that MAURY displayed; otherwise he would have discovered the kernel of truth, which lay hidden under the theory's indefinite form.

Digitized by Google

Digitized by Google

1876.

Digitized by Google

Digitized by Google

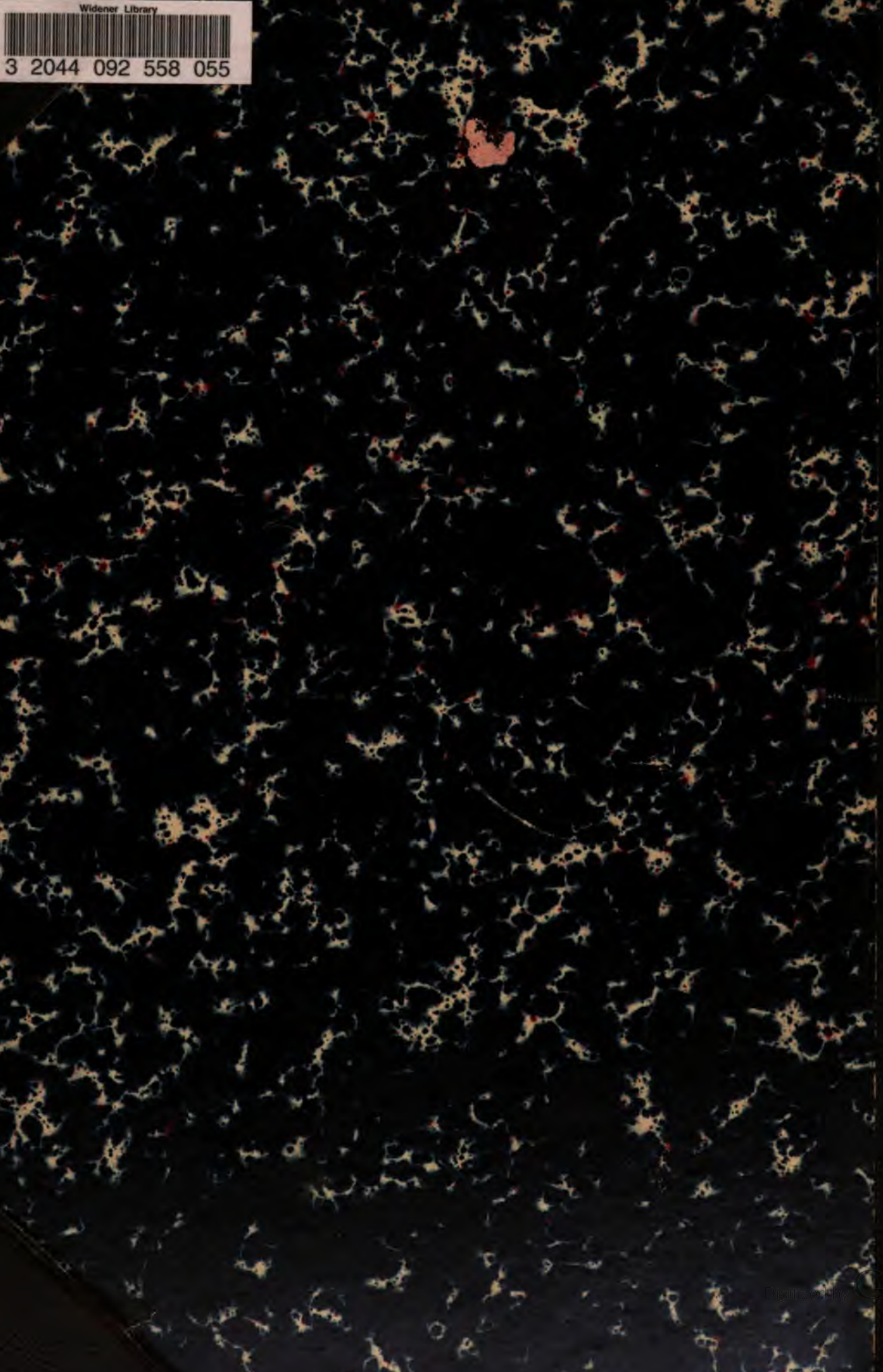
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Widener Library
3 2044 092 558 055



Digitized by Google